

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

ZOBRAZOVÁNÍ INFORMACÍ O BEZDRÁTOVÝCH SÍTÍCH NA PDA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JAN LIŠKA

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

ZOBRAZOVÁNÍ INFORMACÍ O BEZDRÁTOVÝCH SÍTÍCH NA PDA

WIRELESS NETWORKS DISPLAYING ON PDA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JAN LIŠKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. PETR HANÁČEK

BRNO 2010

Abstrakt

Cílem projektu je navrhnout a realizovat aplikaci pro PDA, která zobrazuje informace o bezdrátových sítích na mapovém podkladu. Jedná se o zobrazení pokrytí signálem bezdrátových sítí včetně základnových stanic. Práce se mimo jiné zabývá i lokalizací uživatele pomocí GSM sítě. Hlavní část je věnována výpočtu polohy vysílače na základě síly signálu, dále pak návrhu a realizaci aplikace. Na závěr jsou uvedeny návrhy pro další vývoj.

Abstract

This work deals with design and realization of an application for Pocket PC which displays wireless networks on a map. The goal of this project is to display signal coverage of an area together with a base station. This paper also deals with GSM localization. The main part describes station position calculation, concept and implementation of the application. In the end there are suggestions for future development of the application.

Klíčová slova

PDA, bezdrátové sítě, mobilní sítě, GSM, WiFi, mapy, lokalizace, vizualizace.

Keywords

PDA, wireless networks, mobile networks, GSM, WiFi, maps, localization, visualization.

Citace

Jan Liška: Zobrazování informací o bezdrátových sítích na PDA, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2010

Zobrazování informací o bezdrátových sítích na PDA

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana docenta Petra Hanáčka.

.....

Jan Liška
18. května 2010

Poděkování

Děkuji Petru Hanáčkovi za vynikající vedení této práce a Lence za zapůjčení zařízení, které bylo použito při sběru dat pro tuto práci.

© Jan Liška, 2010.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	Úvod	3
2	Popis problematiky	4
2.1	Charakteristika PDA	4
2.2	Platformy na PDA	4
2.3	Tvorba programů pro PocketPC	5
2.3.1	Optimalizace aplikací	5
2.4	Mapové aplikace	6
2.4.1	GIS	6
2.4.2	Google Maps	7
2.5	Podobné projekty	7
3	Bezdrátové sítě	9
3.1	Obecný základ	9
3.1.1	Standard 802.11	9
3.1.2	GSM	10
3.1.3	Wardriving	11
3.1.4	Legálnost skenování	11
3.2	Získávání dat	12
3.2.1	Získávání dat o WiFi	13
3.2.2	Získávání dat o GSM	13
3.3	Principy lokalizace	14
3.3.1	Definice pojmů	14
3.3.2	Princip multilaterace	15
3.3.3	Princip trilaterace	15
3.3.4	Princip triangulace	16
3.3.5	Přesnost výpočtů	16
3.3.6	Lokalizace pomocí GSM	17
3.3.7	Lokalizace pomocí sítě	17
3.3.8	Porovnání výpočtu polohy pomocí času a síly signálu	20
3.3.9	Lokalizace pomocí mobilního zařízení	20
3.3.10	Další projekty GSM lokalizace	21
3.4	Výpočet polohy	21
3.4.1	Empirické měření GSM	22
3.4.2	Empirické měření WiFi	29
3.4.3	Měření pokrytí signálem	29

4	Návrh aplikace	34
4.1	Zobrazení mapy	34
4.1.1	Jednoduché zobrazení	34
4.1.2	Složitější zobrazení	35
4.1.3	Varianta klient-server	35
4.1.4	Projekt Great Maps	35
4.2	Získání dat o bezdrátových sítích	36
4.2.1	Získání dat o GSM	37
4.2.2	Alternativa k získávání GSM dat	39
4.2.3	Získání dat o WiFi	39
4.3	Uložení dat	39
4.3.1	Databáze vs. XML	39
4.3.2	Srovnání databází pro PocketPC	40
4.3.3	Struktura databáze	42
5	Implementace	44
5.1	GSM	44
5.1.1	Implementace se znalostí Cell ID	46
5.1.2	Získání GPS souřadnic BTS stanice	46
5.1.3	Implementace metody Timing Advance	46
5.1.4	Získání okolních BTS	47
5.1.5	Závěr k implementaci GSM	47
5.2	WiFi	48
5.3	GPS a mapa	49
6	Zhodnocení výsledků	52
7	Závěr	54
A	Obsah CD	59
B	Manuál	60
B.1	Požadavky na systém	60
B.2	Přeložení programu	60
B.3	Instalace programu	60
B.4	Spuštění a ovládání	60

Kapitola 1

Úvod

Během posledních let velmi vzrostla obliba používání mobilních zařízení, jako jsou mobilní telefony, přenosné počítače a další, které dokáží velmi zefektivnit každodenní práci. Jsou používanější čím dál tím víc zejména proto, že jejich rozměry jsou stále kompaktnější a výkon neustále narůstá. Navíc se na těchto zařízeních dají spouštět programy podobné těm, které známe ze stolních počítačů.

Společně s rozšířením kapesních počítačů se také rozšiřují bezdrátové sítě, ke kterým se tyto počítače připojují. Podle [5] připadlo v České republice v roce 2008 27,4 počítačů na 100 obyvatel. Propojení počítačů pomocí kabelů není pohodlné a se vzrůstajícím počtem mobilních zařízení je vhodnější vytvoření bezdrátové (WiFi) sítě. Tím mohou být mobilní zařízení neustále připojena k internetu v domě i blízkém okolí. WiFi sítě se používají i na veřejných místech, jako jsou restaurace, knihovny a další.

K internetu se také čím dál tím víc lidí připojuje pomocí mobilního operátora, což dokazují rozšiřující se nabídky datových tarifů operátorů. V některých oblastech je pokrytí, umožňující používání EDGE technologie, jinde je k dispozici pouze pomalejší GPRS.

Vytvořením aplikace pro PDA, která zmapuje dostupnost a možnosti bezdrátových sítí a výsledky zobrazí na mapě, se zabývá tato práce.

Práce byla rozčleněna do šesti kapitol. Druhá kapitola uvádí čtenáře do problematiky kapesních počítačů a tvorby programů pro tato zařízení. Zabývá se úvodem do mapových aplikací a popisuje podobné projekty.

Třetí kapitola rozebírá bezdrátové sítě. Od obecného úvodu přechází k získávání dat o bezdrátových sítích obecně a poté konkrétněji o WiFi a GSM. Zabývá se také lokalizací uživatele pomocí sítě GSM. Velká část je věnována výpočtu polohy, a to zejména měření vzdálenosti na základě síly signálu. Nejprve jsou uvedeny existující metody, následně je popsáno vlastní měření.

Ve čtvrté kapitole je provedena analýza problému, podle které jsou nastíněna možná řešení v souvislosti s požadavky na funkčnost. Jsou zde detailněji rozebrány možnosti získání informací o bezdrátových sítích GSM a WiFi a navržena struktura aplikace.

Pátá kapitola se zabývá implementací navrženého řešení. V šesté kapitole jsou zhodnoceny dosažené výsledky. Poslední kapitola uzavírá řešený problém.

Diplomová práce navazuje na semestrální projekt, ve kterém byla napsána kapitola 2 vyjma 2.3.1. Dále byly napsány kapitoly 3.1, 3.2 a začátky kapitol 3.3 a 3.3. V rámci semestrálního projektu byl proveden i základní návrh aplikace, obsažený v kapitolách 4.1.1 a 4.1.2

Kapitola 2

Popis problematiky

2.1 Charakteristika PDA

Zkratkou PDA se označuje malý kapesní počítač [13]. Tento akronym je odvozen z názvu Personal Digital Assistant – osobní digitální pomocník. PDA měly původně za cíl pomoci s organizováním času a kontaktů. V dnešní době jsou PDA velmi výkonné a zvládají náročné aplikace (např. přehrávání videa) podobné těm pro stolní počítače.

Výkon a vybavení těchto zařízení se vyvíjí velmi rychle. Nyní existují modely s procesorem s frekvencí 1 GHz, většina má integrované BlueTooth, WiFi i GSM. Kapesní počítač je vybaven dotykovým displejem, přičemž dnes se používají dva typy displejů. Rezistivní displej – je velice přesný (1x1 pixel přesnost), na displej se musí alespoň mírně zatlačit (např. stylusem). Kapacitní displej – je možné ovládat pouhým dotykem prstu, bez tlačení, ale nemá tak vysokou přesnost (cca 20x20 px).

Budoucnost kapesních počítačů je naznačována mnoha trendy, které jsou ale často pro-
tichůdné. Na jednu stranu je vidět snaha přibližovat se komunikátorům a nahrazovat tak mobilní telefon, na druhé straně vznikají modely s velkými displeji a vysokým rozlišením, které se mobilnímu telefonu velikostí rozhodně nepodobají [9].

2.2 Platformy na PDA

Existuje několik operačních systémů pro PDA a nové přibývají. Mezi nejčastěji používané patří Windows Mobile, PalmOS, Linux, Symbian a v posledním roce se rychle dostává do obliby nový Android. Pro tento projekt byla vybrána platforma Pocket PC od firmy Microsoft, a proto se jí budu nyní zabývat.

První úvahy o implementaci tohoto operačního systému (též zvaného Windows Mobile) přišly na svět v roce 1992, podporované zejména firmami Microsoft, Compaq, Motorola, Sharp a NEC. V roce 1995 byl vydán Windows CE 1. O tři roky později byl vydán Windows CE 2, který přinesl podporu WiFi a větší rozlišení displeje.

Windows CE 3 byl vydán v dubnu 2000 a přinesl velké změny. Byl nápadně podobný konkurenčnímu Palmu, nepoužíval klávesnici, displej byl vyšší než širší s rozlišením 320x240 a primárně se vše ovládalo přes dotykový displej. Jen nejdůležitější funkce byly namapovány na hardwarová tlačítka a tento systém se používá dodnes. Zároveň došlo k výraznému snížení cen PDA s tímto operačním systémem a Windows CE získal převahu nad Palmem.

Od verze Windows CE 4 je systém označován jako Pocket PC 2003 nebo spíše jako Windows Mobile 2003. Žádné výrazné změny ale nepřinesl, snad jen verze 2003 SE přinesla

podporu rozlišení VGA.

V roce 2005 byl vydán Windows Mobile 2005, kde se data ukládají do FlashROM a RAM je určena pouze pro běh aplikací. Navíc podporuje jako první synchronizaci s Windows Vista.

Windows Mobile 6 byl představen v roce 2007 ve třech verzích (pro smartphone, pro PDA s telefonním modulem a bez tohoto modulu). Opět byla přidána podpora pro větší rozlišení a vylepšené služby. V roce 2008 byla vydána verze 6.1, která přinesla vylepšené uživatelské rozhraní, více přizpůsobené pro dotykové displeje. Aktuální verze je Windows Mobile 6.5, která přináší zejména vylepšené prohlížení webu a celkové přizpůsobení systému uživatelským požadavkům.

2.3 Tvorba programů pro PocketPC

Vývoj aplikací pro PDA se příliš neliší od vývoje aplikací pro stolní počítače, několik významných rozdílů ale existuje. Při vývoji je třeba brát v úvahu slabší výkon procesoru, méně operační paměti, omezenou výdrž baterie a zejména menší displej a ovládání stylusem nebo prstem. Pro PDA také není možné vytvářet konzolové aplikace.

Mezi nejpoužívanější jazyky pro vývoj patří C/C++, Java a C#, který Microsoft založil právě na jazycích C++ a Java.

2.3.1 Optimalizace aplikací

Výdrž baterie je problémem pro většinu uživatelů mobilních zařízení. Přitom způsob, jakým je aplikace napsána, může tuto životnost výrazně ovlivnit.

U mobilních zařízení naštěstí nejsou mechaniky, které se nějakým způsobem hýbou (CD, DVD, pevné disky), a které běžně spotřebovávají nejvíce energie zejména u notebooků. Přesto je ale vhodné přistupovat i k paměťové kartě v PDA co nejméně, ideálně nahrát při spuštění programu všechna potřebná data do paměti, aby se při běhu programu ke kartě přistupovalo co nejméně. Tím se redukuje čtení dat na minimum. Zde může být rozdíl mezi čtením dat z databáze (jeden soubor) oproti čtení dat z několika XML souborů. Stejný princip platí při ukládání dat. Výhoda je v tom, že po určité době nepoužívání paměťové karty operační systém tento hardware uspí, a tím spotřebovává méně energie.

Chybné je také neustálé dotazování se na systémové informace, pokud je možné jednoduše operačnímu systému říct, že když taková akce nastane, aby aplikaci příslušně informoval. Např. když bychom potřebovali vědět, kdy dochází kapacita baterie. Dotazováním se na tuto informaci jen zvýšíme odběr energie. Přitom stačí zaregistrovat handler pro detekci změn napájení systému. Není nic horšího v aplikaci, než když se ztratí data kvůli vybití baterie. V C# je kód následující:

```
if (SystemInformation.PowerStatus.BatteryChargeStatus !=
    BatteryChargeStatus.NoSystemBattery)
{
    SystemEvents.PowerModeChanged +=
        new PowerModeChangedEventHandler(SystemEvents.PowerModeChanged);
}
```

Nejprve se otestuje, jestli se využívá pro napájení baterie. Pokud ano, zaregistruje se handler pro změnu módu napájení.

2.4 Mapové aplikace

Mapy jsou na PDA nejčastěji využívané pro navigování a díky tomu jsou dostupné jen z příslušných aplikací. Tyto navigační programy umožňují zobrazovat tzv. body zájmu (POI) a pomocí těchto bodů by bylo možné zobrazit např. vysílače. Možnosti zobrazení jsou ale velmi omezené a navíc by bylo nutné data sbírat pomocí jiné aplikace. Pro lepší uživatelskou přívětivost i možnosti použití je lepší mít mapové podklady pod kontrolou přímo v aplikaci.

Vektorové vs rastrové mapy:

- rastrová mapa – je obrázek, který často vypadá jako klasická tištěná mapa. To je také největší výhoda těchto map. Na rastrové mapě může být zakresleno cokoliv, kromě mapových podkladů to může být třeba i letecká mapa území nebo libovolný jiný obrázek. Podrobnost mapy závisí na rozlišení a limitující je pouze velikost pixelu, který již nelze rozpílit.
- vektorové mapy – vektorový formát umožňuje efektivní vyhledávání a logický i prostorový výběr jednotlivých mapových prvků. Dále je využitelný zejména pro dopravní analýzy: při určování tras, plánování cest a v aplikacích pro rozvržení a určení doby jízdy v dané oblasti. Každý objekt je v nich popsán matematicky (cesty, stezky, vrstevnice, plochy, atd.).

Online vs offline mapy:

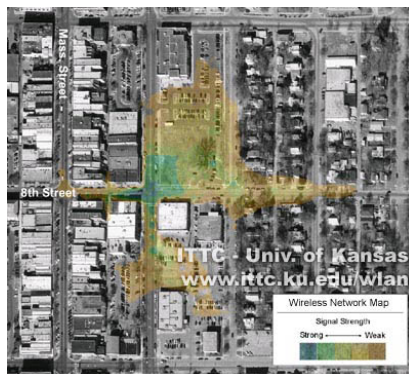
- offline mapy se předem nahrají do zařízení a následně se používají. Výhodou je možnost použití aplikace offline (bez nutnosti internetového připojení). Další výhodou je také použití libovolného obrázku jako mapy a je tedy možné použít např. fotografii s dalšími předem připravenými informacemi. Naopak nevýhodou je nutnost předem mapy připravit a nahrát do zařízení, pokud se tedy ocitneme na místě, pro které jsme si mapu nepřipravili, máme bohužel se zobrazením mapy smůlu.
- online mapy mají tu výhodu, že je není nutné předem připravovat a nahrávat do PDA. Nevýhodou je zobrazení map pouze v režimu online. Uživatel tedy musí být připojen k internetu a v případě připojení přes mobilního operátora a bez datového tarifu může být takové zobrazení map poměrně drahé. Také se musíme spokojit s mapami takovými, jaké jsou. Máme jen minimální možnosti mapu nějakým způsobem upravit.

2.4.1 GIS

Měl jsem přesnou představu o tom, jaký výstup bych rád vygeneroval (viz obrázek 2.1), nemohl jsem však dlouho najít vhodnou techniku. Jednou z možností, jak vytvořit „ideální výstup“, je použití geografického informačního systému (GIS). Toto řešení se zdá jako nejsprávnější z hlediska vizualizace.

GIS umožňuje kombinovat prostorová data, zadaná GPS souřadnicemi (body, polygony), a rastrové podklady a spojit je do společného souřadného systému. Tímto lze vytvářet vrstvy, které jsou geograficky zarovnané, např. několik bezdrátových sítí ve formě pole šíření signálu a obrázkového podkladu (rastrové mapy).

Další výhoda GISu je ta, že všechny atributy příslušející každému bodu jsou dostupné v programu. V našem případě to znamená, že data o skenování z programu NetStumbler (SSID, kanál, síla signálu, zabezpečení WEP) by se dala okamžitě filtrovat a rychle by se daly vytvářet nové pohledy podle těchto atributů.



Obrázek 2.1: finální zobrazení dosahu signálu z jednoho AP [19]

Nevýhodou použití GIS programu v tomto projektu je to, že je nutné použít další aplikaci pro vizualizaci dat. GIS programy existují i pro PDA, např. ArcPad od firmy ESRI, FieldCE GIS od SXBlueGPS, jsou ale poměrně drahé.

2.4.2 Google Maps

Mapy od firmy Google jsou volně použitelné online mapy (<http://maps.google.com>). Výhodou je, že se dá jednoduše přepínat typ zobrazeného mapového podkladu – klasická mapa s ulicemi, satelitní mapa, terénní mapa a postupně přibývají další. Navíc uživatelé jsou na vzhled i ovládání těchto map zvyklí. Nespornou výhodou je i to, že měření a zobrazení výsledků lze provádět na kterémkoliv místě, aniž by bylo nutné předem shánět vhodnou mapu prostředí a nahrávat ji do PDA.

Mapy umožňují zobrazit další vrstvy uživatelských dat, jako jsou:

- jednotlivé body – v našem případě základnové stanice
- lomené čáry – např. trasa, kudy jsme šli při měření
- polygony – ve zjednodušené podobě území s pokrytím signálu
- obrázky – vygenerovaná mapa pokrytí signálu v gradientu

2.5 Podobné projekty

VisiWave

<http://www.visiwave.com/>, dostupné 29. 11. 2009

Jedná se o aplikaci pro Windows nebo PocketPC pro mapování pokrytí území WiFi signálem. Aplikace při sběru dat nepracuje online, což je hlavní rozdíl oproti tomuto projektu. Jako mapový podklad se dá (a dokonce musí) použít rastrový obrázek. Po projití požadované oblasti je možné zobrazit pokrytí WiFi signálem přímo v aplikaci na obrázkovém mapovém podkladu. Lze také vygenerovat kmz soubor a prohlížet data 3D v programu Google Earth (viz obrázek 2.2).



Obrázek 2.2: výstup z VisiWave v programu Google Earth

Wireless Network Visualization Project

Jedná se o jednorázové zmapování areálu univerzity s popsáním postupem vytvoření mapy s pokrytím [19]. Zabývá se pouze WiFi sítí a pro vizualizaci používá jiný program, než pro sběr dat.

1. Pomocí programu Netstumbler se získají informace o bezdrátové síti. Při chůzi nebo jízdě autem se zaznamenávají jednotlivé body s aktuální silou signálu a GPS souřadnicemi.
2. Použije se černobílá fotografie měřené oblasti ve vysokém rozlišení.
3. Zaznamenané body se ve správném měřítku a souřadnicích nanesou do mapového podkladu.
4. Síla signálu zjištěná v každém bodě (pomocí Netstumbler) je znázorněna barvou, která ukazuje relativní sílu signálu. Modrá barva – silný signál, oranžová – slabý signál.
5. Interpolační metodou inverzní váhové distance (IDW – Inverse Distance Weight) se vypočítá rozložení síly signálu v celé oblasti mezi zaznamenanými body.
6. Finální mapa ukazuje pole pokrytí, viz obrázek 2.1

WiGLE

<http://wigle.net/>, dostupné 28. 11. 2009

Online databáze bezdrátových sítí. Většina sítí je včetně lokace a některé z nich mají vypočítanou oblast se silou signálu. Databázi tvoří uživatelé nahráváním logů z různých programů, viz kapitola 3.2.1

Kapitola 3

Bezdrátové sítě

Termín bezdrátová síť odpovídá jakékoliv počítačové síti, ve které je propojení jednotlivých prvků sítě řešeno bez použití kabelů [22]. Bezdrátové sítě jsou WiFi sítě, GSM, bluetooth, televizní, rádiové a další. Pro zjednodušení výkladu se v této kapitole zaměřím pouze na WiFi a GSM sítě.

3.1 Obecný základ

3.1.1 Standard 802.11

Základem je přístupový bod (AP, Access Point). Jedná se o bezdrátový hub, pomocí něhož probíhá veškerá komunikace vzduchem. Bezdrátové stanice spolu nekomunikují přímo, ale vždy prostřednictvím AP. Výjimku tvoří pouze tzv. ad-hoc bezdrátové sítě, kde přístupový bod není nutný.

Přístupový bod pokrývá signálem základní oblast služeb (BSA, Basic Service Area), stručně řečeno vytváří buňku. Skupina stanic v jedné buňce, připojených k jednomu AP, vytváří základní soubor služeb (BSS, Basic Service Set).

Oblast pokrytí jedné buňky je geograficky limitována a pro pokrytí větší oblasti je potřeba více buněk. Tyto buňky jsou propojeny prostřednictvím distribučního systému (DS, Distribution System) a dohromady vytvářejí rozšířenou oblast služeb.

Vývoj standardu:

- 802.11 – označení pro standard bezdrátových sítí s přenosem 1 nebo 2Mb/s na frekvenci 2,4GHz
- 802.11a – frekvence 5GHz, rychlost až 54Mb/s, dosah desítky až stovky metrů
- 802.11b – rozšíření původní 802.11, označován zkratkou WiFi (Wireless Fidelity), rychlost mezi 1Mb/s a 11Mb/s, frekvence 2,4GHz, , dosah desítky až stovky metrů, umožňuje zabezpečení pomocí WEP, vznikla proto, aby existovala bezdrátová síť nabízející ekvivalent drátového Ethernetu [21]
- 802.11g – rozšíření 802.11 z roku 2003, rychlost až 54Mb/s při zachování frekvence 2,4GHz, hardware je zpětně kompatibilní s tím, který se používal pro 802.11b [20]
- 802.11n – rychlost až do 600Mb/s, MIMO technologie (Multiple-Input Multiple-Output), 40MHz kanál na fyzické vrstvě, shlukování rámců na podvrstvě MAC [23]

3.1.2 GSM

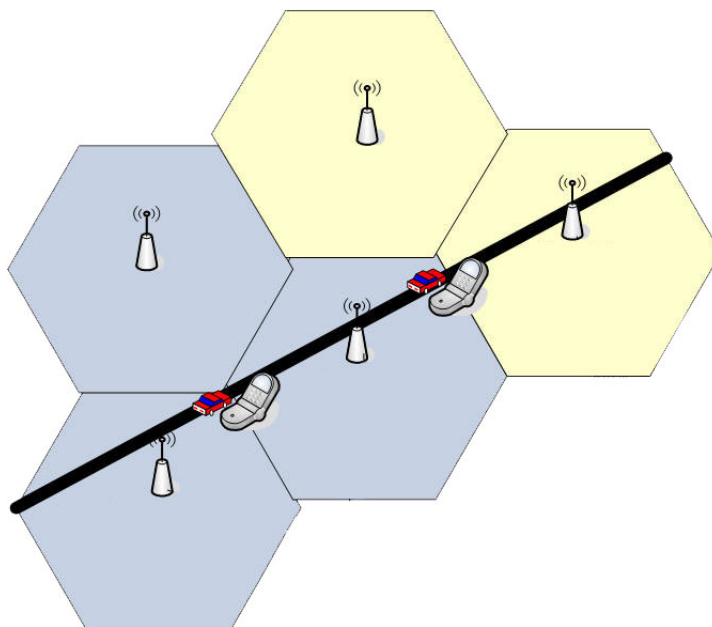
GSM (Global System for Mobile communications, původně Groupe Spécial Mobile) je světově nejpopulárnější standard pro mobilní telefony. 2G GSM sítě (2G – druhá generace, řídicí i hlasový kanál jsou digitální) pracují na frekvencích 900MHz a 1800MHz, v Severní Americe na frekvencích 850MHz a 1900MHz. Většina sítí 3G v Evropě pracuje na frekvenci 2100MHz. Každé pásmo je rozděleno po 200kHz na fyzické kanály pomocí FDMA (Frequency Division Multiple Access), každý fyzický kanál je rozdělen na 8 logických kanálů pomocí TDMA (Time Division Multiple Access).

Základnová stanice (BTS) je většinou vybavena několika směrovými anténami, které určují jednotlivé sektory pokrytí (neboli buňky). Každá buňka má několik fyzických kanálů, v závislosti na předpokládané vytíženosti. Sousední buňky nikdy nemají stejné kanály. Stejně kanály jsou používány buňkami, které jsou daleko od sebe. Tímto způsobem je minimalizováno mezibuňkové rušení a zároveň je maximalizována znovupoužitelnost kanálu. Alokování kanálů pro buňky je komplexní a drahý proces, vyžaduje měření v terénu i počítačové simulace šíření signálu. Proto pokud již jednou je ustanoveno mapování kanálů a buněk, málokdy se to změní.

Každá buňka má unikátní BCCH (broadcast control channel), které slouží mimo jiné pro posílání informací o sousedních buňkách mobilní stanici. Ta porovnává sílu signálů jednotlivých buněk kvůli případnému přepojení. Tyto BCCH kanály používáme pro lokalizaci.

Princip přepojování – handover

Ústředna z vyhodnocujících informací od mobilní stanice určí základnovou stanici, jejíž spojení s mobilní stanicí je nejkvalitnější a případně přidělí mobilní stanici novou základnovou stanici, viz obrázek 3.1. Tento proces se nazývá handover a může proběhnout i během hovoru (proces je tak rychlý, že během hovoru není nic poznat) [4].



Obrázek 3.1: Handover v síti GSM (inter-cell handover) [4]

V závislosti na místě přepojení rozlišujeme dva typy handoveru:

- Mezibuňkový handover – mobilní stanice přechází přes hranice buněk (označuje se jako inter-cell handover), viz obrázek 3.1.
- Vnitrobuňkový handover – používá se v případě, že se v rámci jedné buňky objeví kanál, zajišťující kvalitnější spojení (intra-cell handover).

Popisovaný proces přepojení mohou kompletně řídit složky celulárního systému, bez spoluúčasti mobilní stanice. Mobilní stanice se ale také může řízení zúčastnit a rozlišují se proto tři základní typy handoveru:

- Handover řízený systémem – mobilní stanice pouze vysílá signál základnovým stanicím v dosahu. Příslušný systém, umístěný např. v ústředně, rozhoduje, který signál je nejkvalitnější a případně přidělí jinou (lepší) základnovou stanicí. Tento handover používají zejména analogové celulární systémy.
- Handover řízený za spoluúčasti mobilní stanice – intenzitu, případně poměr signál/šum signálů okolních základnových stanic v tomto případě měří mobilní stanice. Výsledky předává základnové stanici, ke které je právě připojena. Měření kvality signálu může provádět i tato základnová stanice. Celulární systém rozhodne, podle jakých údajů se bude řídit, jako rozhodující informace jsou ale brány údaje z mobilní stanice. Výhodou metody je menší nárok na přenosovou kapacitu a lepší rozhodování v závislosti na lokálních podmínkách. Tento handover se používá u sítí GSM.
- Handover řízený mobilní stanicí – měření provádí jako v předchozím případě mobilní i základnová stanice, rozhodnutí je ale jen na mobilní stanici. Výsledný požadavek mobilní stanice předá přímo nové základnové stanici, do jejíž buňky právě vstoupila. Tento model je ze všech uvedených nejrychlejší a používá se u bezdrátových telefonů DECT.

3.1.3 Wardriving

Wardriving znamená doslovně detekování a získávání informací o WiFi pomocí vozidla a vhodného vybavení (notebook, PDA nebo tzv. wardrive box), schopného detekovat bezdrátové sítě. Vylepšení této metody spočívá v integraci GPS, kdy je možné k nalezené síti přiřadit i její lokalitu, kde byla zaznamenána. Průkopníkem ve wardrivingu je web WiGLE, viz kapitola 2.5. Pro větší rozsah skenované oblasti se používají různé typy antén od všesměrových až po vysoce směrové antény [25].

3.1.4 Legálnost skenování

Z technického hlediska se vše chová tak, jak bylo navrženo. Wardriving je pouze zjišťování volně dostupných informací, které AP vysílá. Žádné další služby tedy nejsou využity a ani na síti nejsou prováděny žádné další aktivity, tzn., že neprobíhají ani žádné přenosy dat (pasivní skenování).

Při aktivním skenování se vysílá směrem k AP požadavek na parametry o existenci sítě. To také není neautorizovaný přístup. Skenování navíc nabízí přímo software od výrobce síťové karty nebo operační systém.

Synonymem by mohlo být využití mobilního telefonu ke zjištění, zda se na konkrétním místě nachází signál nějakého operátora a poznamenání si této informace.

Pokud se ale síť začne anonymně využívat, bez povolení vlastníka, nelegální to ve většině států je. Další aktivity na síti jsou pak stejně nelegální, jako na síti pevné.

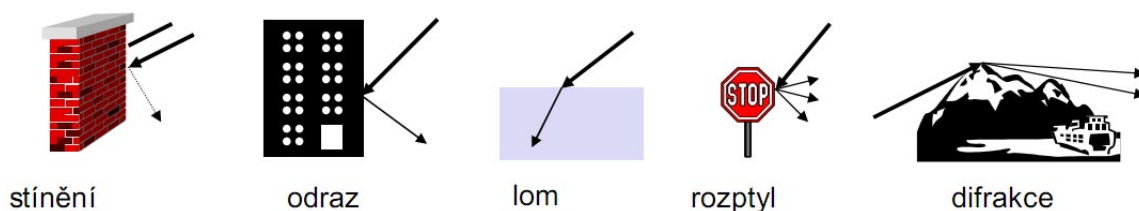
3.2 Získávání dat

Na rozdíl od pevných (drátových) sítí, které jsou propojeny kabely a kde je snadné zjistit topologii, bezdrátové sítě se šíří radiovým signálem, který je přenášen vzduchem. Skenování bezdrátových sítí je proces, při kterém se identifikují sítě hledáním těchto signálů. Oblast, kterou dokáže vysílač signálem pokrýt, je dána zejména silou signálu, typem antény a prostředím, ve kterém je signál šířen. K dobrým výsledkům skenování sítí GSM a 802.11 vedou dva faktory:

- síla signálu, přijímaného mobilní stanicí, se mění v závislosti na změně polohy. To znamená, že sledovaný zdroj signálu může být slyšen silněji a nebo vůbec, pokud se poloha změní o pár metrů.
- síla signálu je konzistentní v čase. Pokud tedy budeme provádět měření z jednoho místa dnes, zítra i za týden, síla signálu by měla být stejná.

Příjem signálu je ovlivněn několika faktory [2], viz obrázky 3.2 a 3.3:

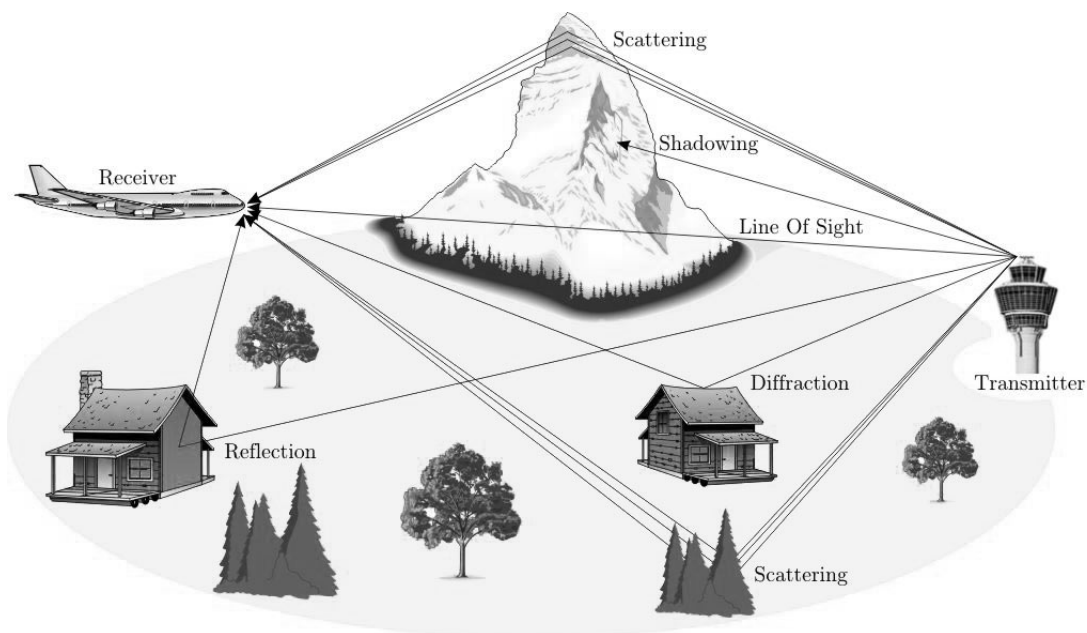
- Únikem - (fading) - závislý na frekvenci
- Odstíněním (shadowing)
- Odrazem od velkých překážek (reflection)
- Lomem na hranici různých prostředí (refraction)
- Rozptylem na malých překážkách (scattering)
- Difrakcí na hranách (diffraction)



Obrázek 3.2: Faktory, ovlivňující šíření signálu [2]

Hardware pro bezdrátové sítě se dá pro zjednodušení rozdělit do dvou kategorií:

- Koncový hardware – nejčastěji ve formě PC karet (PCI, PCMCIA), USB nebo jiných zásuvných modulů, nebo je integrován v zařízení přímo od výrobce.
- Připojovací hardware – instaluje se v domácnostech nejčastěji v podobě routeru nebo ve firmách jako řada přístupových bodů (access point, AP) - ekvivalent základnové stanice u mobilních telefonních sítí, které zajišťují pokrytí objektů společnosti.



Obrázek 3.3: Multipath propagation (zdroj: <http://www.kn-s.dlr.de>)

3.2.1 Získávání dat o WiFi

Pro získání dat o WiFi síti je potřeba mít v zařízení příslušný modul a vhodný software. V současné době je WiFi modulem vybavena většina nových notebooků a PDA, stále více se objevuje i v mobilních telefonech a dalších zařízeních. Nejjednodušší skenovací mechanismy bývají obsaženy přímo v operačním systému daného zařízení a používají se pro připojení k bezdrátové síti. Pomocí specializovaných nástrojů lze získat velké množství informací o bezdrátových sítích, jako jsou MAC adresa, SSID (Service Set Identifier [24]), typ sítě, kanál, WEP status a další.

Dostupné aplikace pro získávání informací o WiFi:

- DStumbler (BSD, <http://www.dachb0den.com/projects/bsd-airtools.html>),
- Kismet (linux, <http://www.kismetwireless.net/>),
- Macstumbler (mac, <http://www.macstumbler.com/>),
- Netstumbler (windows, <http://www.netstumbler.com/>),
- Pocket Warrior (PocketPC, <http://pocketwarrior.sourceforge.net>),
- wardrive-android (android, <http://code.google.com/p/wardrive-android/>),
- a další.

3.2.2 Získávání dat o GSM

Získávání dat o GSM sítích je komplikovanější, než u WiFi sítí, přestože by se to na první pohled nemuselo zdát. Problém skenování GSM sítí je ten, že mobilní stanice komunikuje pouze s jednou základnovou stanicí. K této stanici zná Cell ID i sílu signálu. O ostatních základnových stanicích v dosahu má jen omezené informace, a to sílu signálu a kanály,

nezná ale bohužel Cell ID. Mobilní stanice naslouchá na těchto kanálech a vybírá si šest stanic s nejlepším příjmem. Podle těchto informací, které zpět základnové stanici odesílá, se následně rozhoduje o případném přecházení k jiné základnové stanici [15].

3.3 Principy lokalizace

Grafické znázornění bývá nejjednodušší a zároveň nejúčinnější prostředek pro vysvětlení statistických výsledků [14]. Statistická analýza je vhodná pro jednoduchou interpretaci bezdrátových dat, ale selhává při zobrazení prostorových dat, typicky nasbíraných při wardrivingu. Prostorová data umožňují vytvoření efektního modelu, reprezentujícího reálný svět, na základě lokace. Protože se signál šíří vzduchem a může být na své cestě ovlivněn několika způsoby (viz kapitola 3.2), není možné použít pro znázornění jeho šíření klasické metody, jako u pevných sítí.

Tato kapitola se odvolává na sítě GSM, geometrické metody se ale týkají všech bezdrátových sítí, tedy i WiFi.

3.3.1 Definice pojmů

Převzato z [16].

Lokalizace je proces určení polohy určitého objektu v prostoru

Navigace je proces určování optimální cesty a směru k danému cíli na základě lokalizace

Radiolokalizace je proces určení polohy určitého objektu v prostoru s využitím elektromagnetických vln (aktivní i pasivní metody)

Aktivní metody – radiolokalizační nebo radionavigační systém, využívající vlastní zdroj elektromagnetických vln (systém vysílá elektromagnetické vlnění)

Pasivní metody – využívá cizích zdrojů elektromagnetických vln (nevysílá, pouze přijímá)

Multilaterace je určení polohy vysílače na základě měření rozdílů časového zpoždění příjmu signálu v několika přijímačích o známé poloze (případně určení polohy přijímače na základě měření rozdílů zpoždění příjmů signálů od několika synchronizovaných vysílačů o známé poloze). Nazývá se také časoměrně-hyperbolická metoda měřící TDOA (time difference of arrival)

Trilaterace je určení polohy objektu ze znalosti absolutní doby zpoždění šíření signálů (TOA - time of arrival) mezi vysílačem a přijímačem, přepočtenou na vzdálenost.

Triangulace je určení polohy objektu využívající měření dvou úhlů od základny spojující dva body o známé poloze.

Existují dva základní postupy pro zjištění pozice v bezdrátové síti:

- mapování (fingerprinting) - první (tzv. offline) krok této metody spočívá v naměření informací o signálu na známých místech. Následně se pro určení polohy využívají informace získané v předešlých měřeních.

- geometrické a statistické metody - nevytváří se databáze vzorků jako v předchozím způsobu, pozice se vypočítává přímo z aktuálních parametrů signálu pomocí geometrických vztahů a statistických přístupů.

První metoda se nejčastěji používá v budovách, kdy je potřeba určovat polohu uživatelů a není velký problém získat vzorová data tak, že se projde celá budova a tím proběhne počáteční vytvoření databáze. Prvním z projektů, který se zabýval výhradně lokalizací uživatelů pomocí WiFi a síly signálu v budovách, byl RADAR od firmy Microsoft [10].

Pro tento projekt je možné použít pouze druhou metodu, protože pokaždé chceme aplikaci používat na jiném místě.

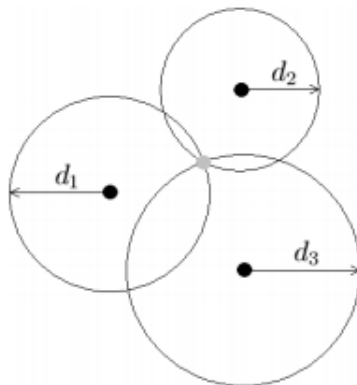
3.3.2 Princip multilaterace

Multilaterace by neměla být zaměňována s trilaterací, která využívá absolutních měření času příjmu signálu od tří a více stanic. Běžně se využívá k určení přesné polohy letadla, vozidla nebo nehybného vysílače pomocí měření TDOA mezi třemi a více stanicemi. Zjednodušeně řečeno s dvěma přijímači o známé poloze může být vysílač lokalizován tak, že se nachází někde na hyperboloidu. Pokud se přidá třetí přijímač, získáme tím druhé TDOA a díky tomu i druhý hyperboloid. Průsečík těchto dvou hyperboloidů určuje křivku, na které se vysílač nachází. Po přidání čtvrtého přijímače se získá třetí hyperboloid a průsečík tohoto hyperboloidu s dříve vypočítanou křivkou určuje konkrétní bod v prostoru, kde se vysílač nachází. V reálném světě se málokdy získá přesně bod kvůli různým chybám a nepřesnostem.

K určení polohy přijímače pomocí vysílacích stanic se měří TDOA signálů vyslaných ze tří a více synchronizovaných vysílačů, u kterých je známa poloha [18].

3.3.3 Princip trilaterace

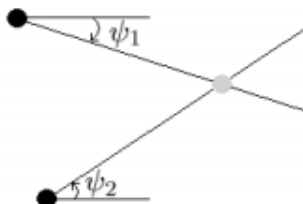
Podle [27] může být trilaterace použita pro určení polohy objektu, pokud můžeme změřit přímo dobu šíření radiového signálu od vysílače. Výpočet probíhá pomocí vztahů v trojúhelníku, podobně jako u triangulace. Na rozdíl od triangulace, při které se výpočet provádí pomocí změřených úhlů, při trilateraci se využívá dvou a více bodů se známými souřadnicemi (referenční body) a změřených délek mezi objektem a těmito referenčními body. K přesnému a jednoznačnému určení relativní polohy bodu v rovině jsou obecně potřeba alespoň tři referenční body, viz 3.4.



Obrázek 3.4: Určení bodu pomocí trilaterace

3.3.4 Princip triangulace

Jedná se o další metodu pro zjišťování souřadnic a vzdálenosti, která se provádí trigonometrickým výpočtem. Princip je vidět na obrázku 3.5. Známe vzdálenost mezi dvěma referenčními body (vyznačeny černě) a známe úhly ψ_1 a ψ_2 . Podle pravidla součtu vnitřních úhlů v trojúhelníku, dále podle sinové věty a nakonec pomocí goniometrické funkce sinus vypočítáme vzdálenost hledaného bodu.



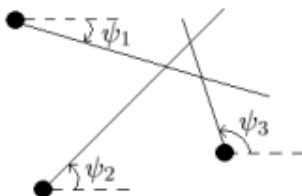
Obrázek 3.5: Určení bodu pomocí triangulace

3.3.5 Přesnost výpočtů

Přesnost je určena několika faktory:

- geometrické uspořádání přijímačů a vysílačů
- délka vyslaných impulzů
- přesnost registrace impulzů přijímače
- přesnost synchronizace vysílacích nebo přijímacích stanic (závislé na vlivech šíření signálu)
- nejistota v poloze přijímačů

Nevýhoda geometrických metod je ta, že neumožňují do výpočtů zahrnout šum, který v běžném prostředí při měření vzniká. Jinými slovy když se přímky protnou v několika bodech a ne jen v jednom (přesném, správném), geometrický přístup neříká nic o tom, který z těchto několika bodů zvolit jako výsledný. Čím víc parametrů pro výpočet používáme, tím víc různých průsečíků vzniká. Situace je znázorněna na obrázku 3.6.



Obrázek 3.6: Nepřesnosti výpočtů, vznikající měřením

Statistické metody, na rozdíl od těch geometrických, umožňují výpočet pozice při použití více parametrů, při jejichž získávání může a nemusí vzniknout šum. Algoritmus může vypadat takto [1]:

$$z_i = f_i(x, y) + \eta_i, i = 1, \dots, N_m$$

kde N_m je počet parametrů, η_i je šum při i -tém kroku, $f_i(x, y)$ je přesná hodnota parametru signálu, což je vlastně funkce nalezení pozice. N_m zároveň odpovídá počtu referenčních uzlů pro měření signálu.

3.3.6 Lokalizace pomocí GSM

Lokalizace mobilního zařízení zaujímá stále významnější místo v našich životech. Nouzové služby jsou založeny na lokalizaci, stejně tak monitorovací služby osob i objektů, informační služby a další. Existuje řada metod s různými přesnostmi lokalizace, lišících se nároky na vybavení mobilní sítě a terminálů. Tato kapitola uvádí přehled těch, které tvoří základ lokalizace v mobilních sítích GSM [11].

Existují volně dostupné databáze BTS a u většiny z nich jsou stanice zadané včetně GPS souřadnic. Zde uvádím dvě z nich:

- Google Location – neposkytuje přímo API, ale byl nalezen způsob, jak získat GPS souřadnice pomocí CellId, MCC (Mobile Country Code) a MNC (Mobile Network Code)
- opencellid.org – open source, nemá zatím tak rozsáhlý seznam BTS, poskytuje ale jednoduché API a umožňuje rozšiřovat databázi novými záznamy pomocí API. Navíc API poskytuje funkci GetInArea, která vrátí seznam BTS ve specifikované oblasti.

3.3.7 Lokalizace pomocí sítě

U těchto lokalizačních metod dochází k přenosu žádosti o lokalizaci z mobilního zařízení do sítě. S využitím dat zjištěných ze zařízení a sítě se stanoví poloha zařízení. Mobilnímu zařízení je pak zpětně poslána informace o poloze. Dochází proto k nárůstu přenosu dat mezi sítí a mobilním zařízením, což omezuje výkonnost těchto metod.

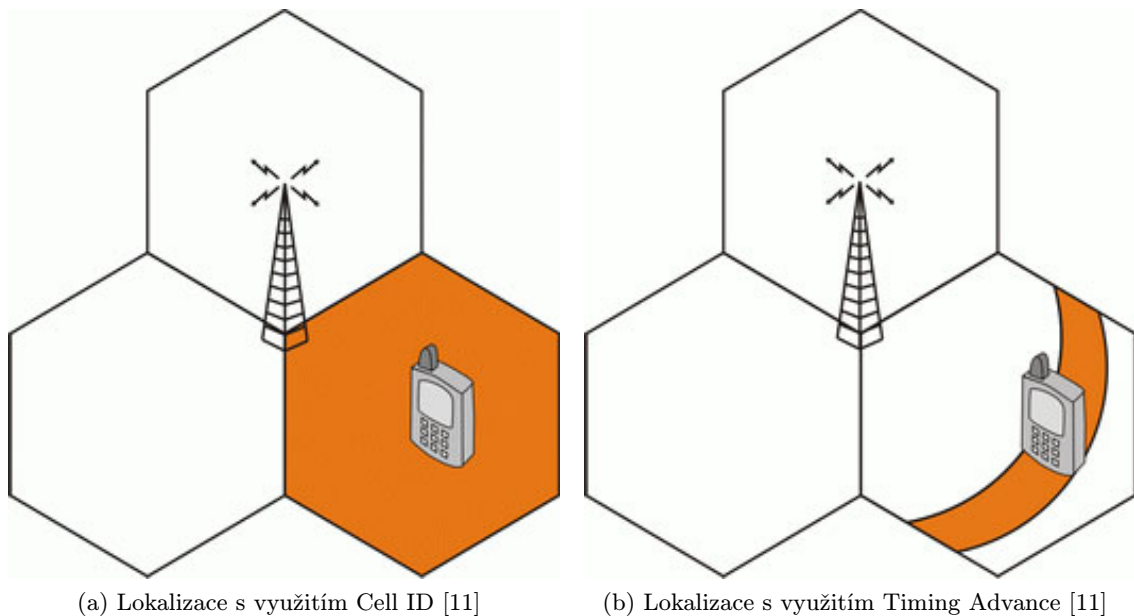
Cell ID

Poloha základnových stanic, které vytvářejí buňkovou strukturu, je operátorovi známa s přesností kolem 30 m. Podle velikosti buňky může být poloha uživatele určena s přesností od 100 m do 500 m v městských oblastech, viz obrázek 3.7a. Na venkově může být tato vzdálenost i několik desítek kilometrů. Při použití přijímaných signálů od více základnových stanic a výpočtu průniku těchto buněk lze zvýšit přesnost přibližně na 300 m.

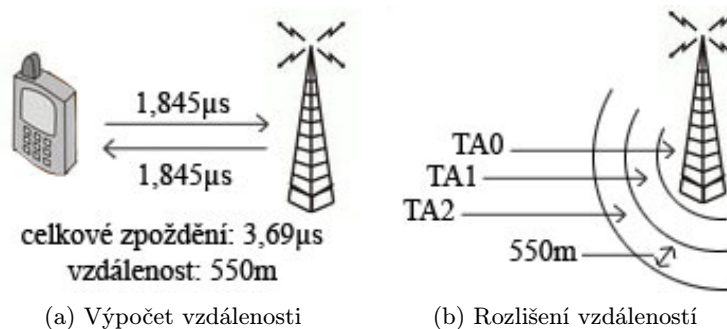
Timing Advance

Při použití parametru Timing Advanced (TA) může být přesnost lokalizace výrazně zvýšena, viz obrázek 3.7b. Jedná se o čas šíření signálu od základnové stanice k mobilnímu zařízení. Při znalosti rychlosti, kterou se signál šíří, může být přesnost zvýšena až na 550m. Pokud se k této metodě použijí i signály od okolních základnových stanic, může být přesnost lokalizace i několik desítek metrů.

GSM používá technologii TDMA (Time Division Multiple Access) pro sdílení jedné frekvence mezi více uživateli. Sekvenčně se přidělují tzv. timesloty jednotlivým uživatelům a každý uživatel vysílá periodicky po dobu menší než jedna osmina času během jednoho z osmi timeslotů. Protože jsou uživatelé vzdáleni různě daleko od základnové stanice a signál



Obrázek 3.7: Lokalizace pomocí Cell ID a Time Advance



Obrázek 3.8: Lokalizace pomocí Time Advance

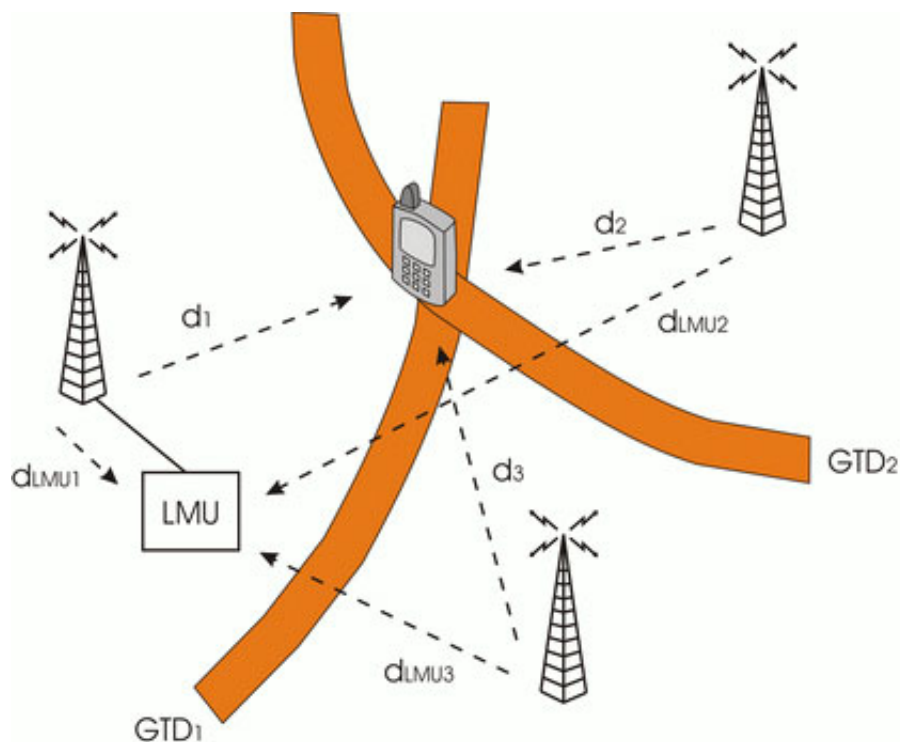
letí rychlostí světla, přesný čas, po který může telefon vysílat, musí být příslušně stanoven. K tomu je využíván parametr timing advance [35].

Hodnota TA se pohybuje v rozmezí od 0 do 63. Změna hodnoty o 1 reprezentuje posun periody o 1 bit, přibližně $3,69\mu s$ (obrázek 3.8a). Signál letí rychlostí přibližně $300\,000\,000\,m/s$, což je $300\,m/\mu s$. Změna o 1 v TA pak znamená změnu v round-trip (tam a zpět) vzdálenosti přibližně o 1100m. To znamená, že hodnota TA se mění každých 550m vzdálenosti mezi mobilním telefonem a stanicí (obrázek 3.8b). Z toho také vyplývá, že nejdelší vzdálenost, jakou může být telefon vzdálen od základnové stanice, je 35km ($63 * 550\,m$).

Enhanced Observed Time Difference

Tato metoda se zkratkou E-OTD je založena na měření časových rozdílů mezi příchody signálů od alespoň třech základnových stanic. Předpokladem je synchronizace základnových stanic, což ovšem v praxi nebývá dodrženo. U této metody musí být v síti zařízení LMU (Location Measurement Unit), které měří reálné časové rozdíly (Real Time Difference, RTD) od základnových stanic. Při synchronizovaných základnových stanicích by hodnota RTD byla nulová. Když jsou známy časové rozdíly v příjmu signálu, je mezi dvěma základnovými

stanicemi stanovena oblast, od které mají stejnou vzdálenost, viz obrázek 3.9. Časové rozdíly v této oblasti se značí GTD (Geometric Time Difference) a platí vztah $GTD_{12} = (d_2 - d_1)/c$, kde c je rychlost světla, d_i je vzdálenost. Pro časové rozdíly, změřené v mobilním zařízení platí vztah $GTD = OTD - RTD$. Mobilní zařízení je lokalizováno s přesností 30–300 metrů jako průnik oblastí GTD_i .



Obrázek 3.9: Oblasti konstantních časových rozdílů u metody E-OTD [11]

Angle of Arrival

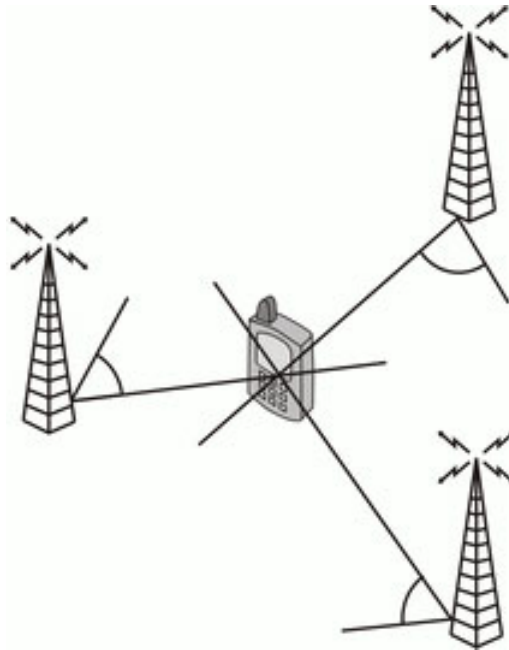
Pro tuto metodu je potřeba použití směrových antén a znalost vyzařovacích charakteristik. V mobilním zařízení nebo v základnové stanici se měří úhel, pod kterým je signál přijat. Výsledkem jsou přímky, procházející stanicí a mobilním zařízením. Průnik těchto přímek určuje polohu s přesností cca 300 m, viz obrázek 3.10.

Enhanced Cell Global Identity

Jedná se o vylepšení metod Cell ID a Timing Advance o měření úrovně signálu. E-CGI používá model šíření signálů a podle naměřených úrovní signálů a znalosti vysílacích výkonů základnových stanic je pak určena poloha uživatele s přesností viz tabulka 3.1.

	Venkov	Předměstí	Město	V budově
Přesnost	250 m - 8 km	350 m - 8 km	50 m - 550 m	50 m - 550 m

Tabulka 3.1: Přesnost metody E-CGI



Obrázek 3.10: Lokalizace metodou Angle of Arrival [11]

3.3.8 Porovnání výpočtu polohy pomocí času a síly signálu

V dokumentu [12] z roku 2003 je provedeno porovnání metod pro nalezení pozice mobilního zařízení v bezdrátové síti. Jedná se o metody time-of-arrival (TOA), time-difference-of-arrival (TDOA) a síly signálu (SS). Všechny studie do té doby směřovaly k používání těchto metod samostatně. V této práci je nejprve analyticky prozkoumán vztah mezi TOA a TDOA. Následně jsou porovnávány hranice přesnosti TOA a SS.

Závěr práce je ten, že TDOA může za určitých podmínek dosáhnout stejné přesnosti, jako TOA, nemůže být ale lepší. Z porovnání TOA a SS se jako nejlepší jeví hybridní schéma, tzn. použít při výpočtech jak data získaná z TOA, tak také data ze síly signálu.

3.3.9 Lokalizace pomocí mobilního zařízení

GPS pro zjišťování polohy je bezesporu nejpoužívanější systém se spoustou výhod, má ale i nevýhody. První nevýhoda je vysoká spotřeba energie, pokud se jedná o přenosná GPS zařízení. Druhou nevýhodou je nemožnost zjištění polohy v zastřešených prostorech nebo i v hustém lese. Navíc doba zjištění polohy po zapnutí přístroje je poměrně dlouhá.

Výhody použití GSM pro zjištění polohy: příjem signálu je na většině míst, můžeme zjistit polohu bez nutnosti použití dalšího zařízení (mobilní telefon má „každý“), použití na místech bez GPS signálu (např. uvnitř budovy), GSM pracuje v licencovaném pásmu, tzn. oproti lokalizaci pomocí např. WiFi sítí nedochází k rušení od zařízení na stejné frekvenci.

U lokalizace pomocí mobilního zařízení je možné využít alespoň některé metody, které byly popsány jako metody lokalizace pomocí sítě. Jedná se o metodu Cell ID, Timing Advance a další. Vše je závislé pouze na konkrétním mobilním zařízení.

3.3.10 Další projekty GSM lokalizace

Lokalizací podle GSM se zabývalo již několik projektů. Place Lab vytvořili síť BTS pomocí software pro war-driving a zobrazili polohu uživatele s přesností 100 až 150 metrů. Vytváření mapy BTS nebylo tak přesné a polohu uživatele určovali pouze podle aktuálně používané základnové stanice [8]. Laasonen se svoji skupinou také používal jen aktuálně používanou základnovou stanici. Podle změn připojených BTS určoval přibližnou cestu, kudy se uživatel pohybuje [6].

Laitinen s kolegy se zabývali venkovní lokalizací pomocí GSM. Dosáhli 67% úspěšnosti s přesností 44m při zpracování signálu z šesti nejsilnějších buněk [7].

3.4 Výpočet polohy

V této kapitole jsou nejprve uvedeny výpočty vycházející z jiných projektů a následně je popsán můj vlastní výpočet.

Tabulka 3.2 ukazuje různé typy buněk v GSM. Lze vyčíst, že pokud se jedná o buňku typu pico, informace o pozici BTS přímo dost přesně určí polohu uživatele. V ostatních případech buňka neposkytuje dostatečně přesné informace o poloze. Proto je většinou třeba vypočítat polohu přesněji a musí být navrženy metody pro výpočet vzdálenost mobilního zařízení od BTS.

Typ	Anténa	Pokrytí (km)
Large macrocell	Nad úrovní střech	3 - 30
Small macrocell	Nad úrovní střech	1 - 3
Microcell	Pod / na úrovni střech	0,1 - 1
Picocell	Pod střechami	0,01 - 1
Nanocell	Pod střechami	0,01 - 0,001

Tabulka 3.2: Různé typy buněk ([17])

Willassen se v [17] zabývá různými metodami pro měření vzdálenosti mezi mobilní stanicí a BTS a výpočtem pozice mobilní stanice z těchto informací. Dva základní modely pro výpočet jsou uvedeny:

- Line of Sight model - tento model slouží pro výpočet oslabení signálu v určitém prostředí, kde je přímá viditelnost mezi BTS a mobilním zařízením. Pokud jsou splněny podmínky, může být model použit pro výpočet vzdálenosti z dané síly signálu.

$$\Delta P(dB) = 10 * \alpha * \log(f/c) - 10 * \beta * \log(4\pi d)$$

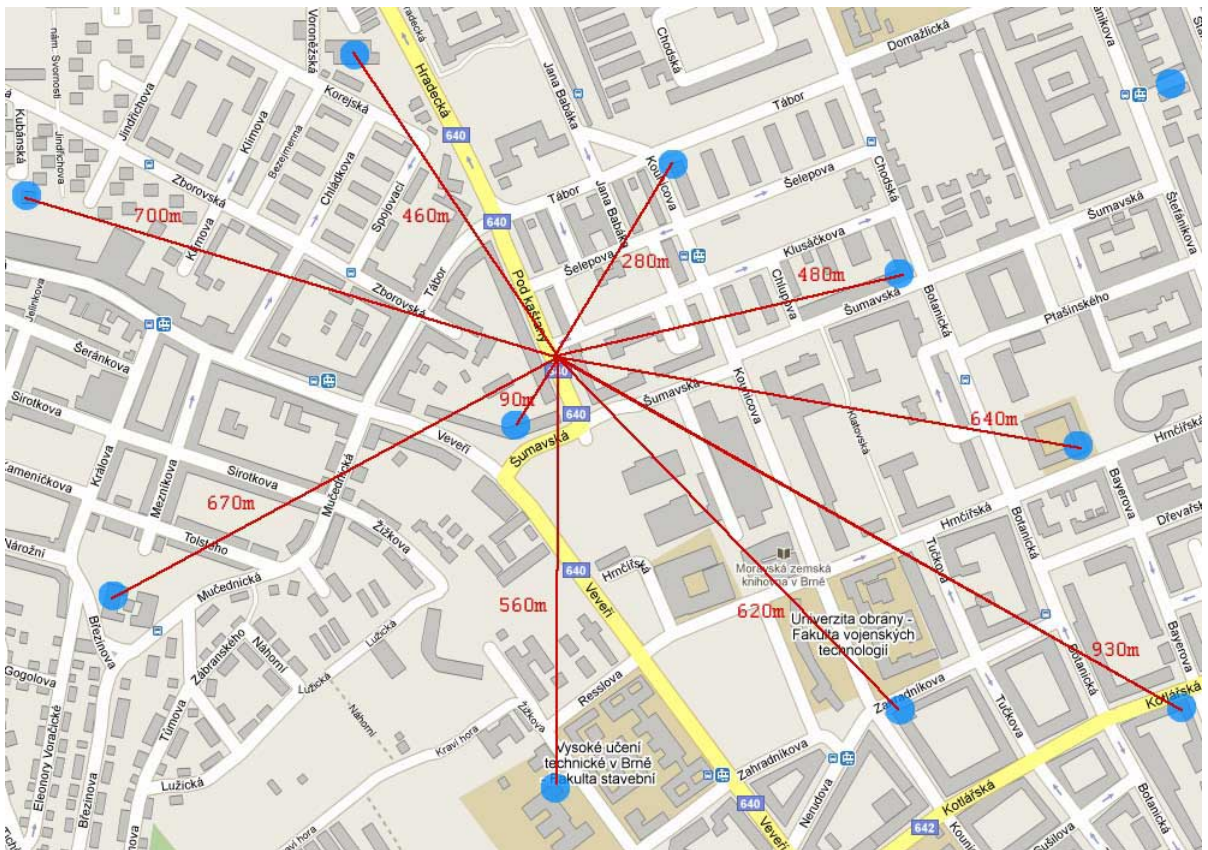
kde ΔP je zeslabení signálu mezi vysílačem a přijímačem, f je frekvence (Hz), c je rychlost světla (m/s), d je vzdálenost v metrech. Tento model využívá konstantní činitele α (pro frekvenci) a β (pro prostředí), které jsou zjištěny empiricky.

- HATA - navržený Okamura, je založen na empirických měřeních v buňkách s dosahy 1 - 10km ve městě Tokyo. Počítá s chybovým činitelem pro korekci rozdílů antén, který je různý v malých a středních městech a ve velkých městech.

V kapitole 3.3.7 je zmíněn koncept metody Timing Advance i základní výpočet. TA se vypočítává z první vrácené cesty (viz problém multipath v kapitole 3.2), která má vypovídající úroveň síly signálu (a ne tu maximální). Proto můžeme předpokládat, že se výpočet podle TA ve většině případů shoduje s Line of Sight.

3.4.1 Empirické měření GSM

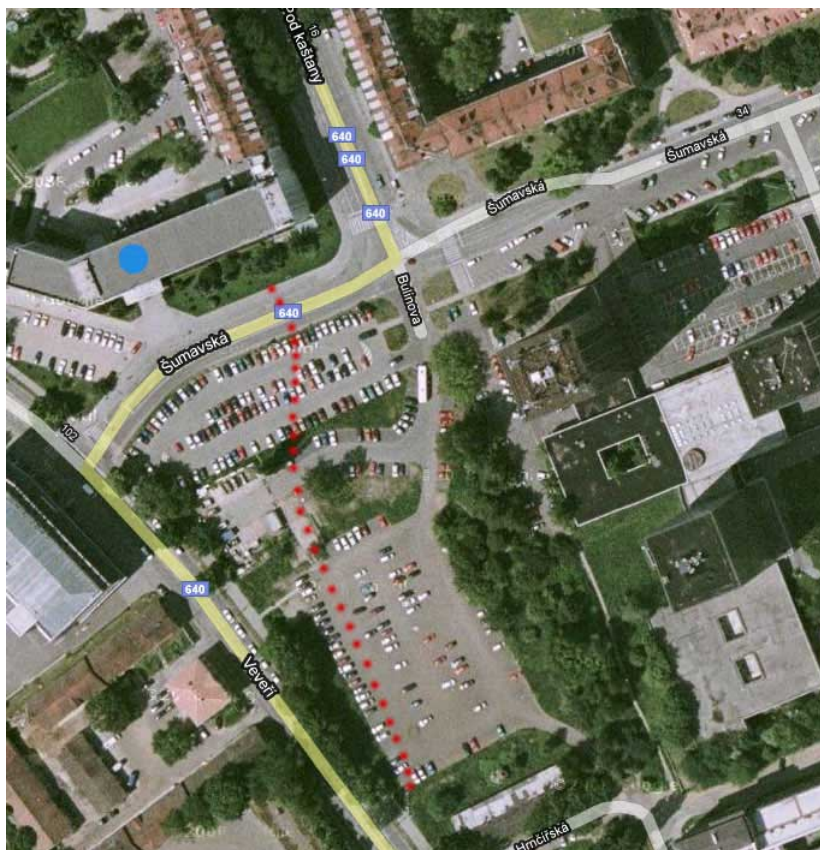
Protože se nepodařilo nalézt žádnou vhodnou rovnici pro přepočet síly signálu na vzdálenost, rozhodl jsem se ji zkusit sestavit pomocí svého vlastního měření. Veškerá měření byla prováděna v síti Vodafone. Očekával jsem, že pokud bude telefon připojen k BTS, kde mezi telefonem a danou BTS nebude žádná viditelná překážka, a vzdálenost mezi telefonem a BTS se bude postupně zmenšovat, síla signálu bude vzrůstat. Naopak při oddalování by se měla síla signálu zmenšovat. Jako další jsem očekával, že s postupným klesáním síly signálu v jednu chvíli dojde k přepojení k jiné BTS, u které bude signál lepší. Sestavení rovnice pro převod síly signálu na vzdálenost bylo provedeno měřením aktuální síly signálu a odečítáním aktuální polohy z GPS modulu od předem zjištěných GPS souřadnic vysílače.



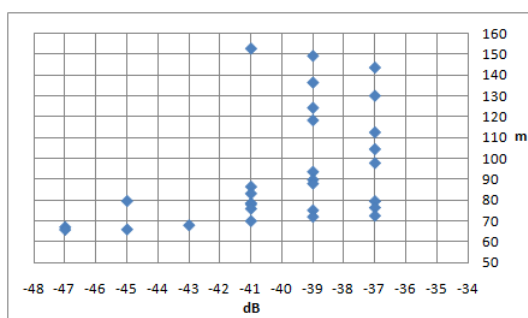
Obrázek 3.11: Seznam BTS v okolí ulice Pod kaštany, Brno (operátor Vodafone)

První měření bylo provedeno v centru města Brna, konkrétně na ulici Pod kaštany. Jedná se o hustě zalidněnou oblast, kde v okruhu 1km je hned deset BTS stanic, viz obrázek 3.11. Pro měření byla vybrána základnová stanice umístěná na rohu ulic Šumavská a Pod kaštany na střeše vysoké budovy. Měření bylo započato v nejbližším rohu parkoviště, viz obrázek 3.12 a směr byl stanoven tak, aby se vzdálenost k BTS postupně zmenšovala. Nejbližší bod je 153m od BTS a stále je přímý dohled na anténu. Výsledky měření jsou

znázorněny v tabulce 3.3 a grafu 3.13. Během této krátké vzdálenosti byl telefon přepojen ke třem různým vysílačům (CellId 61261, 61262 a 61263). Všechny tyto vysílače jsou na stejné střeše. Je vidět, že naměřené výsledky vůbec neodpovídají předpokladům. Na dvou místech vzdálených od sebe sto metrů byla naměřena stejná síla signálu. Navíc několikrát během této cesty došlo k přepojení a přitom oslabení síly signálu.



Obrázek 3.12: Pozice měření síly signálu GSM v blízkosti ulice Pod kaštaný, Brno



Obrázek 3.13: Grafické znázornění měření síly signálu GSM, ulice Pod kaštaný, Brno

Ze zkušenosti z prvního měření jsem chtěl získat další výsledky z méně zalidněné oblasti, kde bych mohl provádět měření po delších vzdálenostech. Vybral jsem si silnici mezi Žitonicemi a Litoměřicemi. Z Žitonic jsou nejbližší BTS právě v Litoměřicích a stále je vidět na základnovou stanici na komíně na východním kraji Litoměřic, kterou telefon nejčastěji pou-

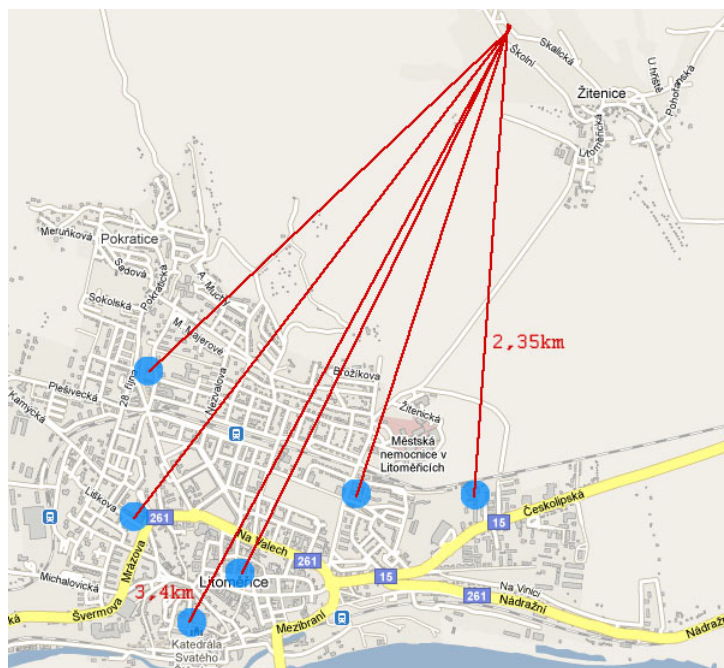
Čas	CellId	Signál [dB]	Vzdálenost [m]
9:24:49	61261	-41	152,9366
9:25:00	61261	-39	149,4504
9:25:08	61261	-37	143,852
9:25:15	61261	-39	136,6391
9:25:22	61261	-37	130,3079
9:25:26	61261	-39	124,5327
9:25:32	61261	-39	118,5761
9:25:37	61261	-37	112,7733
9:25:43	61261	-37	104,731
9:25:48	61262	-37	98,06305
9:25:54	61262	-39	93,83771
9:25:59	61262	-39	90,07555
9:26:05	61262	-39	88,20718
9:26:10	61262	-41	86,71415
9:26:15	61262	-41	83,43865
9:26:21	61262	-37	79,75951
9:26:27	61262	-37	76,67665
9:26:32	61261	-41	78,81002
9:26:38	61262	-45	79,85651
9:26:43	61262	-41	78,26421
9:26:52	61261	-41	76,15477
9:27:04	61261	-39	75,39468
9:27:11	61261	-39	72,3121
9:27:16	61261	-37	72,78367
9:27:22	61261	-41	70,25203
9:27:27	61263	-43	68,23146
9:27:33	61261	-47	67,31488
9:27:38	61261	-45	66,23656
9:27:43	61263	-47	66,07343

Tabulka 3.3: Hodnoty měření síly signálu GSM v blízkosti ulice Pod kaštany, Brno

žíval jako aktuální BTS. Situační mapa je vidět na obrázku 3.14. Body, na kterých proběhlo zaznamenání dat, jsou znázorněné na obrázku 3.15. Měření bylo provedeno cestou autem z Žitenic do Litoměřic a následně i cestou zpět. Rychlost automobilu nepřesáhla 50km/h, aby byl záznam GPS co nejméně zkreslený. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulce 3.4. Je vidět, že během této cesty používal telefon z většiny dvě různé BTS (CellId 20621 a 2711). Výsledek měření je rozdělen do čtyřech různých grafů. Jedna dvojice grafů je cesta z Žitenic do Litoměřic a druhá dvojice je cestou zpět. Každá ze dvou BTS je zaznamenána ve vlastním grafu, viz 3.16 a 3.17.

Až na graf z cesty z Žitenic do Litoměřic a CellId 2711 jsou výsledky měření o poznání blíže k uvedeným předpokladům. Výchyly se objevují, ale v grafech jsou patrné tendence vzrůstající síly signálu s klesající vzdáleností. Na obrázku 3.18 je porovnání výsledků měření na silnici Litoměřice - Žitenice. V nejhorsím případě se výsledek rovnic pro převod síly signálu na vzdálenost liší o 508m.

Z naměřených hodnot jsem vybral tři body, první nejbližší, druhý přibližně uprostřed trasy a poslední ten nejbližší. Kolem těchto třech bodů je možné ze spočítané vzdále-



Obrázek 3.14: Seznam BTS v Litoměřicích (operátor Vodafone)

nosti vytyčit kružnici a použitím metody trilaterace vypočítat polohu BTS. Vybrané body, označené P1, P2 a P3, jsou vidět na obrázku 3.19. Světle modrou tečkou je znázorněna přesná poloha BTS, žlutě pak oblast průniku třech kružnic. Vzdálenost přibližného středu žlutě vyznačené plochy a reálné polohy BTS je v tomto případě 820 metrů. Je vidět, že s postupným přibližováním se k BTS se vzdálenost (tedy poloměr kružnice) podle předpokladu zmenšuje, vždy je ale o něco menší, než by měl být (kružnice v žádné případě nesahá až k BTS nebo dokonce za BTS).

V tomto konkrétním případě bylo zjištěno, že vynásobením každé zjištěné vzdálenosti koeficientem 1,25 dojde k výraznému zpřesnění polohy BTS. Např. vzdálenost z P1 byla změřena 1763m. Po vynásobení koeficientem 1,25 je vzdálenost 2203m a kružnice přímo prochází BTS. Podobně to platí pro ostatní dva body. Je to znázorněno na obrázku 3.19 slabšími čarami kružnic. Vypočítání polohy BTS se jeví jako přesnější při použití konkrétních průsečíků každé dvojice kružnic. Na obrázku jsou průsečíky nových kružnic znázorněny černými čarami a BTS se nachází v místě s největší koncentrací těchto průsečíků. Při výpočtu geometrického středu šestiúhelníku, tvořeného šesti průsečíky kružnic, lze dojít k poloze BTS, která se od reálné polohy liší o 270 metrů. Pokud označíme souřadnice každého průsečíku (x_i, y_i) kde $i \in \{1, \dots, 6\}$, geometrický střed se spočítá jako

$$\left(\frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6}{6}, \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6}{6} \right)$$

Výsledek je vidět na obrázku 3.20, červeně jsou znázorněny průsečíky kružnic, modře reálná poloha BTS a zeleně vypočítaný geometrický střed průsečíků.

Dosavadní výpočty na mapě v této kapitole byly řešeny pouze graficky. Aby bylo možné vypočítat průsečíky kružnic analyticky, je nutné převést GPS souřadnice a vzdálenost (poloměr) na homogenní souřadnice. Bez převedení souřadnic by parametrické rovnice kružnice pro dva středy P1[50,5584;14,1514] s poloměrem 1763,4m a P2[50,552;14,1552] s poloměrem 1284,4m vypadaly následovně:

Čas	CellId	Signál [dB]	Vzdálenost [m]
9:37:20	20621	-61	1763,386
9:38:29	44021	-75	2249,649
9:38:50	44021	-81	2220,972
9:39:13	20621	-67	1844,401
9:39:29	20621	-65	1836,577
9:39:50	20621	-67	1805,633
9:40:05	20621	-59	1762,155
9:40:24	20621	-59	1699,958
9:40:43	20621	-51	1616,924
9:41:19	20621	-45	1416,16
9:41:34	20621	-37	1284,409
9:41:45	20621	-41	1168,995
9:41:52	2711	-37	1399,399
9:42:01	2711	-41	1260,968
9:42:13	2711	-43	1092,27
9:42:19	2711	-47	1010,854
9:42:29	2711	-47	883,2953
9:42:33	2711	-49	812,4308
9:42:40	2711	-53	712,7489
9:42:48	2711	-47	596,3579
9:42:56	2711	-45	492,1088
9:43:17	2711	-37	309,1801
9:43:43	2711	-37	306,5139
9:44:00	2711	-37	329,4738
9:44:17	2711	-53	477,1278
9:44:31	2711	-57	639,5716
9:44:43	2711	-41	835,5858
9:44:48	20621	-37	694,6594
9:44:56	20621	-41	788,7671
9:45:03	20621	-43	863,7936
9:45:10	20621	-45	964,5199
9:45:23	20621	-41	1078,451
10:02:28	2711	-57	1383,738
10:02:54	2711	-49	1414,782
10:03:02	2711	-49	1531,129
10:03:17	2711	-47	1712,248
10:03:39	2711	-67	1867,05
10:03:57	2711	-73	1985,671
10:04:09	20621	-61	1726,989
10:04:25	20621	-61	1786,679
10:04:39	20621	-63	1805,434
10:04:54	20621	-71	1848,973
10:05:12	20621	-65	1798,586

Tabulka 3.4: Hodnoty měření síly signálu GSM na silnici mezi Žitenicemi a Litoměřicemi



Obrázek 3.15: Pozice měření síly signálu GSM na silnici mezi Žitenicemi a Litoměřicemi

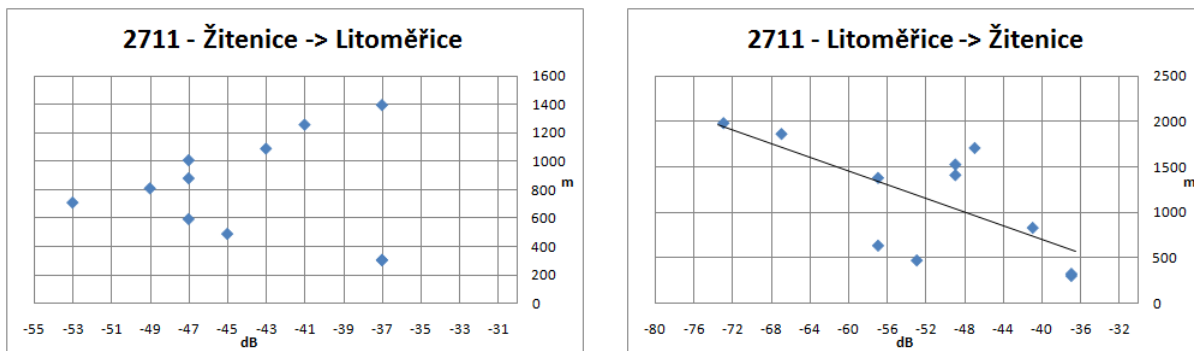
$$x = 50,5584 + 1763,4 * \cos\varphi$$

$$y = 14,1514 + 1763,4 * \sin\varphi$$

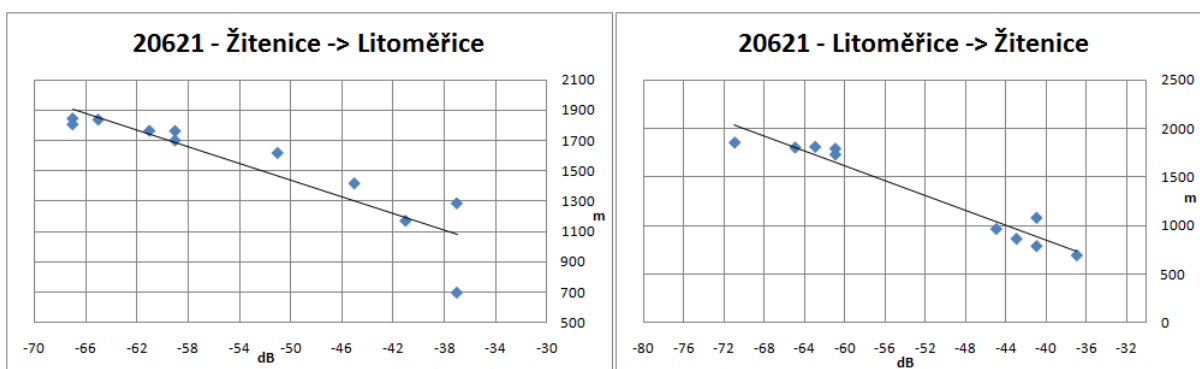
$$x = 50,552 + 1284,4 * \cos\varphi$$

$$y = 14,1552 + 1284,4 * \sin\varphi$$

Středů kružnic se od sebe v těchto souřadnicích liší o tisíce a poloměry o stovky. V grafu pak tyto rovnice vypadají jako soustředné kružnice s různými poloměry, které nemají žádný průsečík. Pro správné sestavení rovnic je třeba převést souřadnice ze systému šířka-délka (Latitude, Longitude) do systému UTM (Universal Transverse Mercator). UTM je způsob určování polohy na povrchu Země založený na mřížkách [36]. V tomto systému se nejedná o jedno mapové zobrazení, ale o síť šedesáti zón, které jsou zobrazeny pomocí transverzního Mercatorova zobrazení. Na mapách lze v tomto systému měřit vzdálenost dvou bodů pomocí Pythagorovy věty, protože se jedná o zobrazení části elipsoidu do roviny. Převod souřadnic do systému není triviální a lze ho nalézt ve zdrojovém kódu v souboru UTM.cs. Tyto kružnice se již protnou a je možné spočítat běžnými analytickými metodami jejich průsečíky. Po přepočtu vypadají rovnice kružnic následovně:



Obrázek 3.16: Grafické znázornění měření síly signálu GSM u Litoměřic - CellId 2711



Obrázek 3.17: Grafické znázornění měření síly signálu GSM u Litoměřic - CellId 20621

$$x = 452342.24038299744 + 1763,4 * \cos\varphi$$

$$y = 1564515.402008905 + 1763,4 * \sin\varphi$$

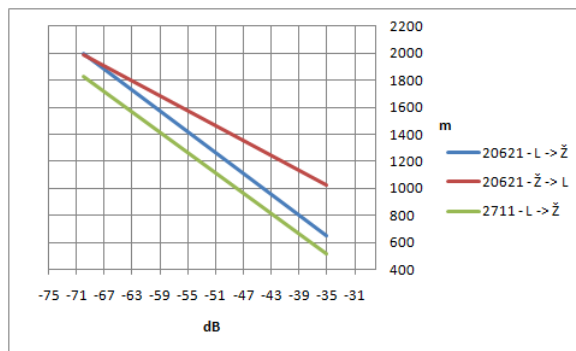
$$x = 451652.33937158727 + 1284,4 * \cos\varphi$$

$$y = 1564936.9908410278 + 1284,4 * \sin\varphi$$

Pro nalezení co nejpřesnějšího vzorce pro přepočítání síly signálu na vzdálenost je potřeba provést co nejvíce měření. Z více měření by se přesněji určily koeficienty, které by zpřesňovaly přepočítání v různých prostředích. Z regresních křivek v uvedených grafech byla zprůměrováním vypočtena rovnice pro převod síly signálu na vzdálenost:

$$y = -34,7 * x - 493$$

kde x je síla signálu v decibelech a y je vzdálenost od vysílače v metrech. Z výsledků ostatních měření byly zjištěny koeficienty, které významně zpřesňují naměřené výsledky. Koeficient pro měření na venkově je již zahrnut v rovnici, v hustě zalidněné oblasti je výsledná vzdálenost násobena koeficientem 0,2.



Obrázek 3.18: Porovnání spojnic trendu měření síly signálu GSM u Litoměřic

3.4.2 Empirické měření WiFi

Měření signálu WiFi sítí probíhalo podobně jako GSM. Pro první měření jsem zvolil oblast ulice Pod kaštany s dvěma přístupovými body o známých GPS souřadnicích. První síť s SSID lenik, druhá s SSID kocour. V prvním případě se jedná o domácí přístupový bod, který má sloužit pouze jednomu bytu, v druhém případě se jedná o AP v restauraci, který má sloužit hostům restaurace uvnitř a na přilehlé terase. Na obrázku 3.21 jsou vidět oba přístupové body a červenými tečkami naznačená místa uložení naměřených údajů.

Tabulka 3.5 ukazuje naměřené hodnoty pro vybrané dvě sítě a vyhodnocení naměřených dat je znázorněno na obrázku 3.22. Je vidět, že měření neposkytlo žádnou informaci pro bližší určení polohy AP. U síť lenik nebyl naměřen žádný klesající trend vzdálenosti s rostoucí silou signálu, u síť kocour byla vzdálenost 10m vypočtena pro nejslabší i nejsilnější naměřený signál. Zajímavý údaj je ten, že síť lenik má dosah skoro 160 metrů, což je výrazně více, než necelých 25 metrů u síť kocour.

Další podobná měření v zastavěných oblastech vykazovala v podstatě stejné výsledky. Přesnějších výsledků by se dalo dosáhnout měřením v méně zalidněných oblastech, kde se signál tolik neodráží od okolních budov. Také by bylo vhodnější měřit signál z AP poskytovatelů internetu, které mají větší vysílací výkon, a ne jen domácích AP s dosahem maximálně několik set metrů.

3.4.3 Měření pokrytí signálem

Pokrytí oblasti jednotlivých BTS není snadné určit. V kapitole 3.3.7 je vysvětleno, že vzdálenost mezi BTS a mobilním telefonem může být nejvýše 35km. V hustě zalidněných oblastech (např. v centru Brna) je naopak takové množství BTS, že je mezi nimi mobilní telefon přepojován častěji, než při změně pozice o 1km. Navíc nezáleží jen na vzdálenosti od BTS, ale zejména na výškovém profilu prostředí. Při měření GSM signálu v Beskydech cestou na Smrk bylo ověřeno, že od BTS nebyla vzdálenost ani 3km a kvůli kopcovitému terénu pokrytí signálem nebylo.

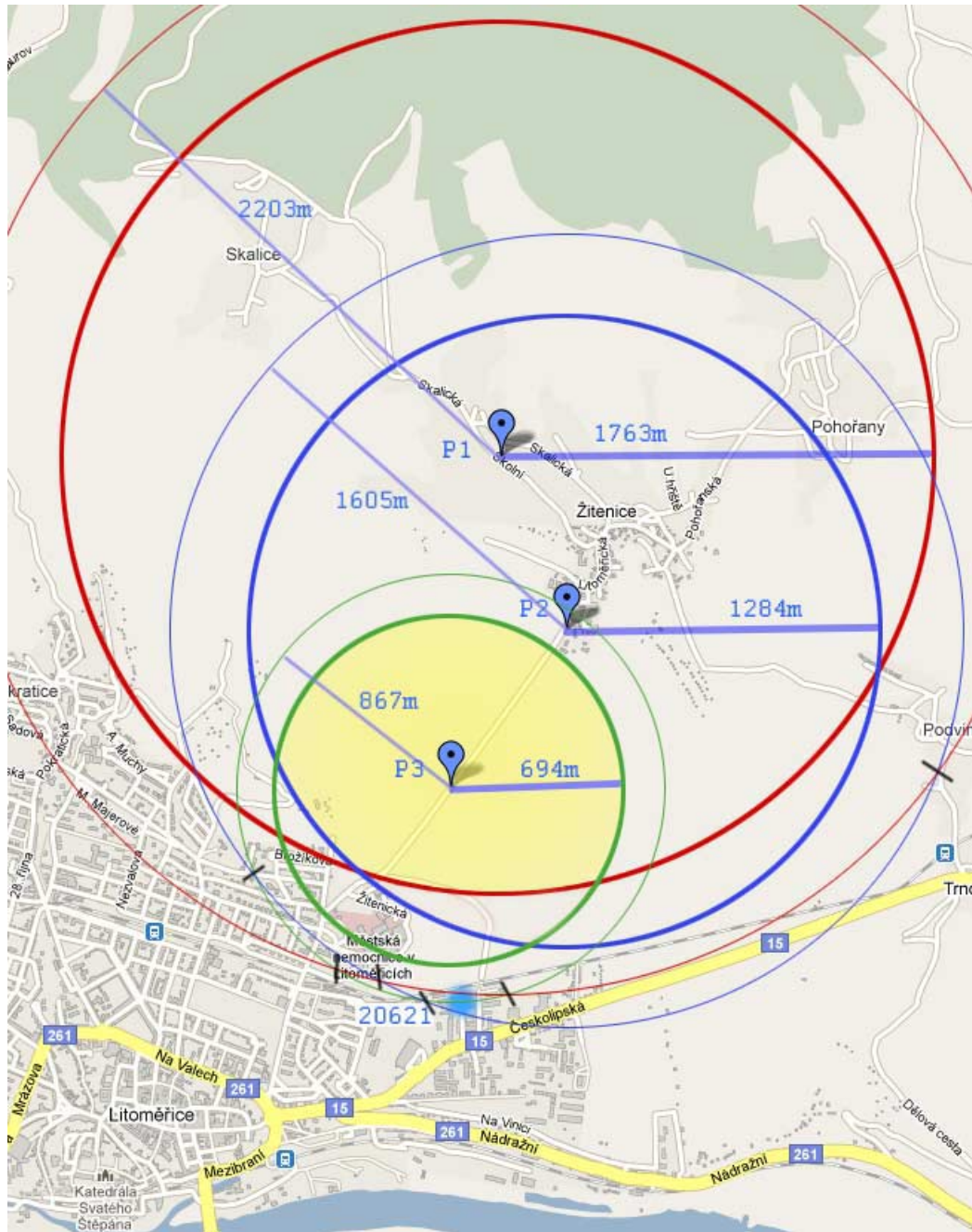
U WiFi sítí je situace také komplikovaná. V zalidněných oblastech je šíření signálu ovlivněno budovami a rušením od ostatních WiFi sítí. Pro vypočítání teoretického dosahu signálu je nutné znát frekvenci vysílání (nejčastěji 2,4GHz nebo 5GHz), parametry antény a překážky v okolí. Tímto způsobem je možné v domácích podmínkách vypočítat dosah vlastní sítě. Při běžném skenování sítí ale tyto parametry nejsou známy. V projektu Wireless Network Visualization Project (kapitola 2.5) byl cíl zobrazit pokrytí signálem co nejpřesněji. V tomto případě bylo nutné zaznamenat sílu signálu v co nejvíce bodech v celém okolí AP,

Čas	SSID	Signál [dB]	Vzdálenost [m]
16:34:46	lenik	-87	156,3063
16:34:53	lenik	-87	138,3473
16:35:36	lenik	-90	92,20034
16:35:43	lenik	-90	84,52715
16:35:50	lenik	-90	76,1227
16:36:04	lenik	-86	57,71863
16:36:10	lenik	-86	49,64924
16:36:17	lenik	-86	41,50054
16:36:30	lenik	-89	22,69885
16:36:36	lenik	-89	18,00935
16:36:43	lenik	-89	11,84223
16:34:07	kocour	-84	23,93088
16:34:14	kocour	-79	17,70272
16:34:22	kocour	-77	11,95487
16:34:30	kocour	-78	10,76734
16:34:39	kocour	-81	23,72425
16:34:46	kocour	-89	16,86758
16:34:53	kocour	-89	9,832536
16:35:01	kocour	-89	17,49351

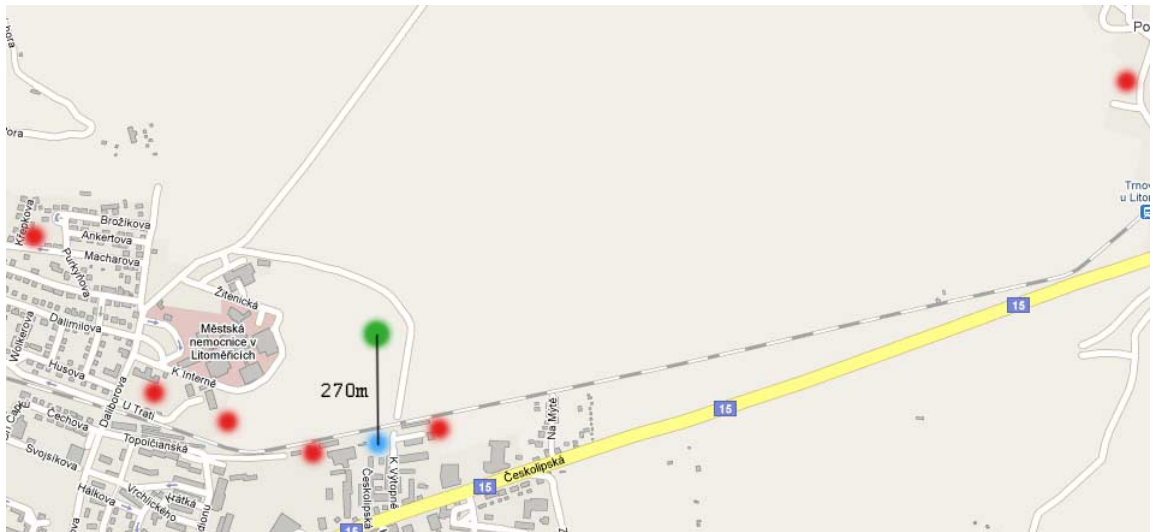
Tabulka 3.5: Hodnoty měření WiFi signálu poblíž ulice Pod kaštiny, Brno

zajít až za hranice dosahu signálu a pak je teprve možné mapu pokrytí vytvořit.

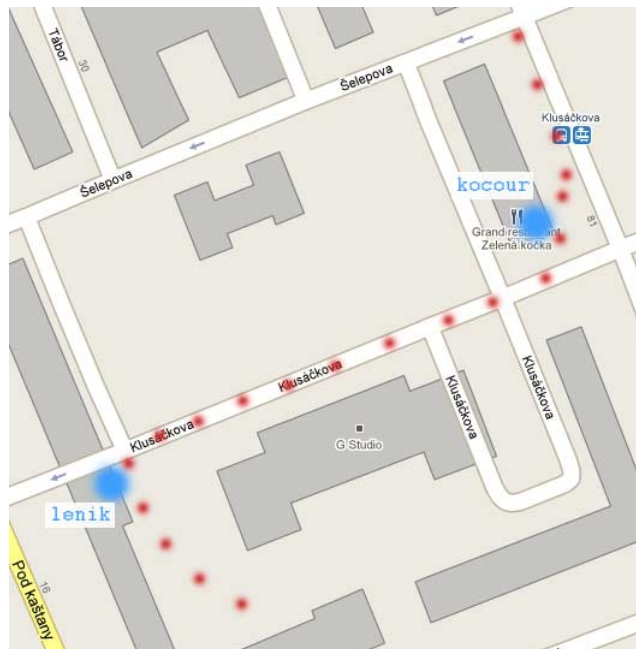
Mapou pokrytí by se tedy v nejjednodušším případě mohlo myslet zobrazení kruhu kolem vysílače na mapě. Tento kruh by měl poloměr nejdelší zaznamenané vzdálenosti, kdy byl ještě telefon k vysílači připojen. Je zřejmé, že toto zobrazení je hodně vzdálené od reality. V této práci ale nejde o spočítání co nejpřesnější oblasti pokrytí, kdy by se pokrytí každého vysílače měřilo zvlášť, ve specifických podmínkách a zpracovávalo by se v několika krocích a různých aplikacích. Tento projekt má za cíl informovat o vysílačích v okolí a ukázat, jestli je v daném místě síť dostupná nebo ne.



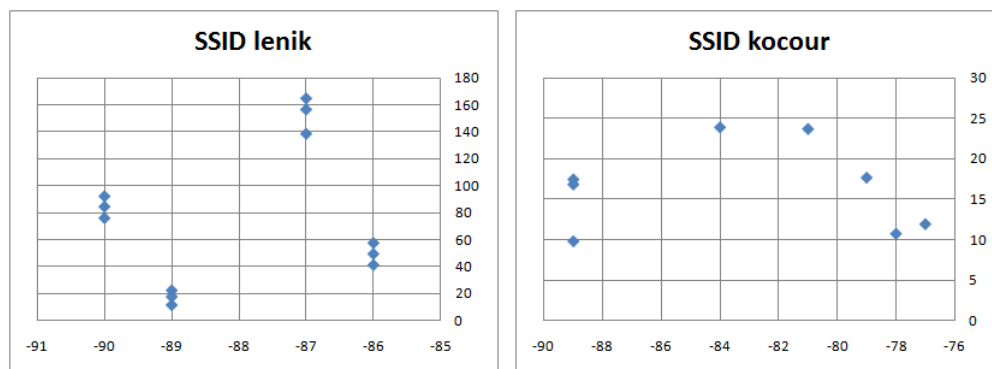
Obrázek 3.19: Spočítání polohy BTS s CellId 20621 z naměřených hodnot, slabě znázorněné kružnice jsou ty po vynásobení vzdálenosti zjištěným koeficientem



Obrázek 3.20: Geometrický střed (zelený) průsečíků kružnic s vynásobeným poloměrem o zjištěný koeficient (červené) v porovnání s reálnou polohou BTS (modrá).



Obrázek 3.21: Měření WiFi signálu v blízkosti ulice Pod kaštaný, Brno



Obrázek 3.22: Vyhodnocení měření WiFi signálu poblíž ulice Pod kaštany, Brno

Kapitola 4

Návrh aplikace

Služby operačního systému, potřebné pro tuto aplikaci, se volají pomocí WinAPI, které je nejlépe přístupné z jazyka C/C++. Ze zkušenosti s vývojem aplikace pro PDA v jazyce C++ a obtížným a nepřívětivým programování jejího grafického rozhraní jsem se rozhodl tento jazyk pro další vývoj aplikací s hezkým uživatelským rozhraním zavrhnout. Protože systémové funkce budou základem získávání dat v této aplikaci, rozhodl jsem se pro jazyk C# jako kombinace příjemné tvorby uživatelského rozhraní a dostačující podpory všech základních funkcí. Aplikace má být podle zadání pro PDA. Já jsem zvolil pro vývoj zařízení HTC Diamond s operačním systémem Windows Mobile 6.5. Později v rámci vývoje jsem zkusil použít i Windows Mobile verzi 6.1 a následně i 5.0 se zařízením HTC TyTN.

4.1 Zobrazení mapy

V začátcích hledání informací o tom, jakým způsobem vytvořit mapovou aplikaci pro PDA, jsem byl překvapen velmi nízkým počtem aplikací, které by mapy používaly. Když jsem nějakou mapovou aplikaci našel a případně kontaktoval vývojáře s žádostí o konzultaci, buď jsem odpověď nedostal, nebo byla pro účel této práce nevyhovující. Začal jsem tedy vymýšlet vlastní řešení, které by zahrnovalo využití map od firmy Google.

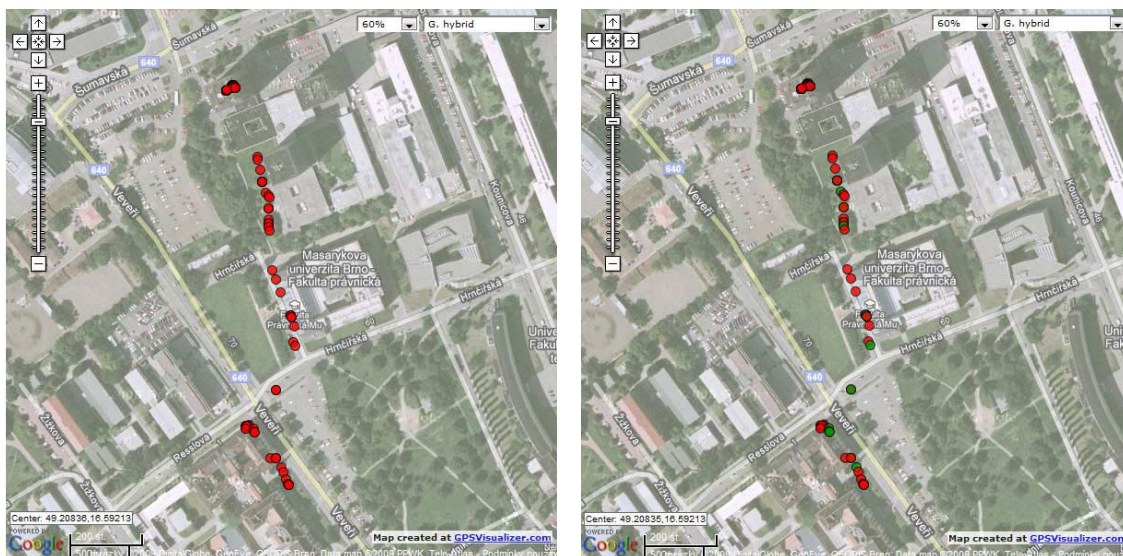
4.1.1 Jednoduché zobrazení

Nejjednodušší způsob zobrazení bezdrátových sítí je zobrazení samotných vysílačů na mapovém podkladu. Při skenování bezdrátových sítí je zobrazena přibližná poloha vysílače jen podle aktuálních GPS souřadnic, viz obrázek 4.1a.

Na obrázku 4.1b je vidět vylepšení oproti pouhému zobrazení vysílačů na mapě. Vysílače jsou znázorněny dvěma barvami pro rozlišení, zda je síť zabezpečená nebo volně přístupná. Stále zde ale chybí zobrazení dosahu signálu jednotlivých sítí. Pro měření jsem si vybral

Dalším vylepšením, které používá např. organizace Consume Project z Velké Británie, je zobrazení alespoň přibližného dosahu signálu každého AP pomocí kružnice [26].

Když vezmeme v úvahu, že jediným vodítkem, které mapa nabízí, jsou GPS souřadnice přístupových bodů, teoretické znázornění dosahu signálu je pro běžného návštěvníka nic neříkající. Pevně daný dosah signálu pomocí kružnic nemůže být realistický z důvodů šíření signálu, uvedených v kapitole 3.2.



(a) pouze přibližná poloha AP

(b) s rozlišením zabezpečených AP

Obrázek 4.1: Jednoduchá zobrazení AP na mapě

4.1.2 Složitější zobrazení

Cílem této práce je zobrazení pokrytí oblasti signálem bezdrátových sítí včetně zobrazení základnových stanic. Chtěl bych tyto údaje zobrazit tak, aby výstup vypadal reálně a srozumitelně i pro běžného uživatele, viz obrázek 4.2. Ideálním případem použití by mohlo být zobrazení pokrytí signálem domácí bezdrátové sítě, aby bylo vidět, kam až signál sahá a jak daleko od domu mohou případní útočníci využívat nezabezpečenou WiFi síť. Takové zobrazení ale žádné z předchozích řešení nespĺňuje.

4.1.3 Varianta klient-server

Jako první a nejjednodušší mě napadlo vytvořit aplikaci typu klient-server. Google mapy jsou dělané pro webové prohlížeče a všechny operace s daty by tedy mohl obstarávat webový server a prohlížeč by sloužil k jejich zobrazení. Uživatelská data, včetně všech nalezených vysílačů, by mohla být uložena v databázi na serveru a případně sdílena všemi uživateli programu.

Toto řešení má dvě nevýhody. Uživatelé by museli mít stálé připojení v PDA po dobu běhu programu, nebo by program opravdu sloužil jen pro sběr dat a následnou analýzu např. v PC nebo po připojení k internetu. Navíc by se musela řešit synchronizace dat mezi PDA a databází. Druhou nevýhodou je samotná práce s mapou. Google nabízí použití buď statických nebo dynamických map. Dynamické mapy jsou takové, které se dají jednoduše posouvat, přibližovat a dá se v nich klikat na vyznačené body (markers). Problém je ten, že vyžadují podporu javascriptu, kterou bohužel formulářový prvek WebBrowser na většině zařízeních (podle reakcí v diskuzních fórech) nepodporuje. Použití statických map by bylo příliš omezující pro chod programu, takže toto řešení nevyhoví.

4.1.4 Projekt Great Maps

Začátkem roku 2009 vznikl open source projekt s názvem GMap.NET [30]. Jedná se o formulářový prvek pro .NET, který umožňuje jednoduše zobrazit a pracovat s mapou. Během

víc než ročního vývoje byly přidány funkce pro hledání cesty z místa A do místa B, nalezení GPS souřadnic podle adresy (a naopak) a zobrazení map od Google, Yahoo!, Bing, OpenStreetMap, ArcGIS a dalších.

Já jsem tento projekt objevil v září roku 2009. Tou dobou existovalo funkční demo desktop aplikace, o verzi pro Windows Mobile (neboli Compact Framework) nebyla žádná zmínka. Začal jsem komunikovat s autorem projektu s tím, že bych velmi rád pomohl při vývoji této knihovny, aby fungovala i pro Windows Mobile. V zápětí jsem se dostal do projektu a stal jsem se testerem vývoje této knihovny pro PDA. Asi v půlce října byla první verze, která fungovala pod Windows Mobile.

Ihned jsem věděl, že tyto mapy použiji ve svém projektu. Vzhledem k širším možnostem použití jsem se rozhodl v první fázi vývoje použít pouze online mapy. Nejprve byl návrh takový, že pokud bude při běhu programu internetové připojení dostupné, mapa bude zobrazena. V opačném případě by aplikace pouze sbírala data, která by mohla být zobrazena později, až by bylo připojení dostupné. V dalších měsících se podařilo implementovat do Great Maps cache, takže lze se stejnými mapami pracovat jak v režimu online, tak také v režimu offline. Pokud vím, že budu chtít aplikaci používat na místě, kde nebude dostupné internetové připojení, je možné předem tuto oblast v aplikaci „proklikat“, tím se mapové podklady uloží do cache a následně se zobrazí i bez aktivního připojení. Za zmínku stojí i to, že se do cache tímto způsobem mohou uložit i mapy s různým přiblížením (zoom), které je možné později také použít bez připojení k internetu. Takováto funkčnost by byla složitě implementovatelná při používání svých předem připravených map na PC, jako je to např. v projektu Wireless Network Visualization Project (kapitola 2.5).

4.2 Získání dat o bezdrátových sítích

Během skenování se budou zaznamenávat informace o bezdrátových sítích WiFi a GSM. V rámci možností se určí co nejpřesnější poloha WiFi přístupových bodů a GSM základnových stanic a zobrazí se na mapě. Aktuálně používaná základnová stanice nebo WiFi AP budou zobrazeny odlišně od ostatních vysílačů.

Každé skenování (jeden běh programu nebo jedna projitá cesta) se zaznamenávají samostatně, aby bylo možné později trasu znovu virtuálně projít. Zároveň bude možné zobrazit všechny dosud objevené vysílače společně.

Ze získaných dat bude možné spočítat a zobrazit pokrytí signálem bezdrátové sítě. Přehlednější bude zobrazení pokrytí pouze jednoho vysílače, možná se ale při implementaci ukáže, že i zobrazení více pokrytí najednou bude v některých případech vhodné. Pokrytí signálem by se dalo zobrazit dvěma způsoby. Jednodušší způsob je vypočítat hranice, kam až signál sahá a tuto hranici znázornit lomenou čarou (polygon). Složitější způsob je interpolace změřených hodnot signálu a pomocí barevného gradientu zobrazit pokrytí, jako je to znázorněno na obrázku 2.1.

V případě, že PDA disponuje GPS přijímačem, bude aplikace získávat informace o bezdrátových sítích, vypočítávat polohu vysílače a následně pokrytí signálem. Pokud nebude GPS k dispozici, ale bude dostupné internetové připojení, může být aplikace využita pro zjištění vlastní polohy pomocí GSM. Existují volně dostupné databáze BTS včetně GPS souřadnic, takže je možné zobrazit přibližnou polohu uživatele na mapě jako polohu BTS, ke které je aktuálně připojen. Pokud se k této metodě přidají informace o kvalitě signálu z aktuální BTS nebo informace od okolních BTS, může být poloha uživatele velmi přesněna.



(a) Zobrazení vysílačů na mapě

(b) Zobrazení pokrytí signálem od jednoho AP

Obrázek 4.2: Návrh finální aplikace

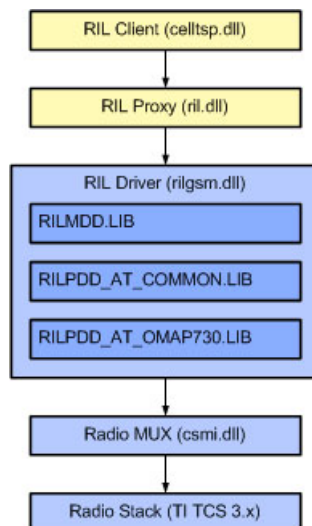
Původní myšlenka byla taková, že získaná data bude možné exportovat do výstupního formátu jiného programu. Do úvahy přicházel NetStumbler, který je jedním z nejpoužívanějších programů pro získávání informací o WiFi sítích. Tento program však svá naměřená data ukládá pouze jako binárními soubory (s příponou .ns1) a jiný formát dokáže pouze exportovat. Navíc s širokými možnostmi zobrazení map v této práci již není hlavní prioritou sběr dat o bezdrátových sítích pro další zpracování, při kterém by ještě dávalo smysl data exportovat do jiných programů. Smysluplnější je zpracovat a zobrazit data přímo v programu s dalšími rozšířeními, jako např. zobrazení rozšiřujících informací o vysílači přímo po kliknutí v mapě.

4.2.1 Získání dat o GSM

Informace o GSM síti zprostředkovává vrstva RIL (Radio Interface Layer) [28]. Ta je rozdělena na dvě části, viz obrázek 4.3:

- RIL Driver – zpracovává příkazy a události, vytvořena firmou Microsoft
- RIL Proxy – zpracovává požadavky od jednotlivých klientů (aplikací) a řídí přístup k ovladači RIL, vytvořena výrobcem hardware

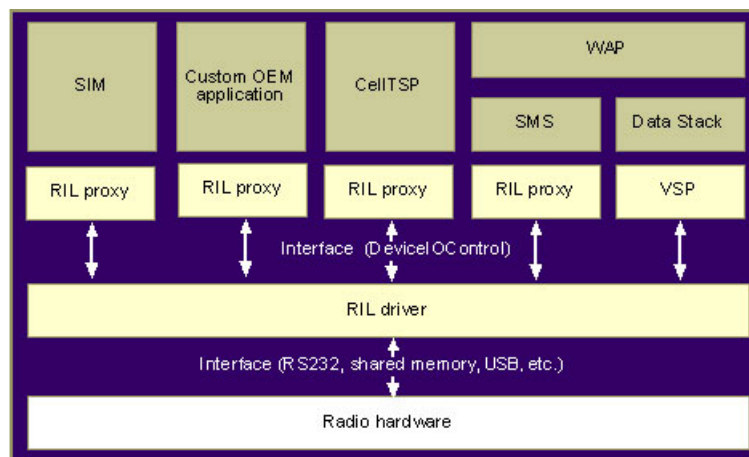
Vrstva MDD (Model Device Driver) je nezávislá na vrstvě zásobníku (Radio Stack). Obsahuje kód, který spolupracuje s RIL Proxy a kód, který implementuje jakékoliv vlastnosti



Obrázek 4.3: Architektura RIL [28]

vrstvy zásobníku ovladače RIL. Vrstva PDD (Platform Dependent Driver) je závislá na vrstvě zásobníku. Obsahuje implementaci kódu RIL API pro konkrétní vrstvu zásobníku. Tato vrstva musí být implementována výrobcem OEM zařízení.

Pro ulehčení implementací PDD vrstvy může být tato vrstva rozdělena do několika vrstev, které obsahují společný kód pro danou kategorii radií a specifický kód pro daný typ zařízení. Příklad je vidět na obrázku 4.3, kde je vrstva pro společné AT příkazy (RILPDD_AT_COMMON) i vrstva pro specifické AT příkazy (RILPDD_AT_OMAP730).



Obrázek 4.4: Architektura RIL na Windows Mobile [28]

Při prvním zaregistrování GSM modulu k RIL se zavolají dvě callback funkce. Jedna je pro nevyžádané (unsolicited) zprávy a druhá je pro odpovědi na volání funkcí. Při příchozím hovoru použije RIL nevyžádanou zprávu pro informování každého modulu o příchozím hovoru. Když se modul dotáže RIL na sílu signálu, okamžitě obdrží identifikátor odpovědi. RIL odpoví callback funkcí dotazujícímu se modulu s informací o síle signálu. To, že je odpověď předána správnému modulu je zajištěno právě identifikátorem odpovědi, který je také obsažen v odpovědi. Tato asynchronní architektura usnadňuje implementaci RIL.

Pokud je potřeba synchronní volání funkcí RIL, funkce musí provést volání a zablokovat se, dokud neobdrží odpověď [28].

4.2.2 Alternativa k získávání GSM dat

Další možností, jak by se dala data o GSM získat, je použití mobilního telefonu, připojeného např. přes bluetooth, namísto integrovaného GSM modulu v PDA. Modemu v telefonu by se posílaly AT příkazy a výsledek by byl vrácen ke zpracování na PDA. Knihovna RIL ve skutečnosti také používá AT příkazy pro zjišťování požadovaných informací.

Problém je ten, že ne každý telefon podporuje všechny (nebo dokonce stejné) AT příkazy. Podle specifikací modemů v různých mobilních telefonech jsem zjistil, že chtěného výsledku získání i okolních základnových stanic by možná bylo možné dosáhnout se staršími mobilními telefony Siemens, konkrétně s modelem S45 a jemu podobným. Ten dokáže po zadání AT příkazu vrátit informace o okolních vysílačích, konkrétně BCCH kanály, sílu signálu a další. Podle BCCH kanálu sice není možné okamžitě identifikovat konkrétní BTS, ale informace o aktuálně používané BTS obsahují i BCCH kanál, takže by se postupně časem dala vybudovat databáze, mapující BCCH na Cell ID.

Můj cíl byl vytvořit aplikaci, kterou by mohlo používat co nejvíce majitelů PDA a při nutnosti používání dalšího mobilního telefonu by to většinu odradilo. Proto jsem se k tomuto řešení neuchýlil. Bylo by vhodné vyzkoušet tuto metodu v rámci budoucího výzkumu jako jedno z možných rozšíření aplikace.

4.2.3 Získání dat o WiFi

Informace o dostupných WiFi sítích lze získat voláním služeb systému. Přístupové body jsou identifikovatelné pomocí SSID (současně jméno bezdrátové sítě) nebo MAC adresy. V případě AP (narozdíl od BTS) je možné jednoduše změnit SSID nebo MAC adresu. Pokud by se tak stalo, bude při dalším skenování tento Access Point označen jako nově nalezený, protože jiným způsobem AP jednoznačně identifikovat nelze. Nepředpokládám (i když je to možné), že se na různých místech vyskytnou dva AP se stejným SSID i MAC.

4.3 Uložení dat

V programu je třeba uchovávat data o nalezených základnových stanicích BTS a také o přístupových bodech WiFi. V principu je možné využít buď uložení dat do databáze nebo přímo do souborů, např. XML.

4.3.1 Databáze vs. XML

Obojí má své výhody i nevýhody:

- výhody XML – přenositelnost, čitelnost dat i mimo aplikaci, snadné převedení dat do formátu, vhodného pro jinou aplikaci, pomocí XSLT (eXtensible Stylesheet Language Transformations) a XPath (XML Path Language), lze vytvořit schéma pro validaci, pomocí XQuery lze provádět dotazy nad XML
- nevýhody XML – čitelnost dat mimo aplikaci může být na obtíž, pokud požadujeme určité zabezpečení dat, pro každý typ záznamu (BTS, WiFi) je nutné použít zvláštní XML soubor, které se mohou nahromadit. Oproti databázi neobsahují triggerů a víceuživatelský přístup

- výhody databáze – všechna data jsou uložena v jednom souboru, lze provádět složité sql dotazy, je možné používat triggery a pro zabezpečení také data šifrovat, je možné umožnit přístup k různým datům různým uživatelům
- nevýhody databáze – nelze snadno převádět data do jiných formátů, jako u XML, může být problém s přenositelností mezi různými platformami

Protože je aplikace určena výhradně pro platformu Windows Mobile, rozhodl jsem se pro uložení dat používat databázi. Přináší to výhody v tom, že jsou data uložena jen v jednom souboru a při přenosu aplikace na jiné zařízení tedy stačí přenést jen dva soubory (aplikaci a nasbíraná data). Je to výhodné i z hlediska optimalizace aplikace pro mobilní zařízení, viz kapitola 2.3.1.

4.3.2 Srovnání databází pro PocketPC

Existuje celá řada databází, používaných aplikacemi pro mobilní zařízení. V této kapitole jsou uvedeny některé z nich, společně s hlavními výhodami a nevýhodami.

SQL Server Compact Edition

Microsoft SQL Server Compact Edition (SQL CE) [32] je určen pro použití v jednodušších aplikacích pro Windows na PC nebo Smart Device, kde počet záznamů zůstává spíše u hodnot v řádech tisíců. Aktuální verze je 3.5 SP2, podporuje Compact Framework 3.5 a operační systém Windows Mobile od verze 2003 včetně. Windows Mobile od verze 6.0 má standardně v ROM SQL Server 2005 nainstalovaný, pro předchozí verze je třeba ho doinstalovat. Důležitý rozdíl oproti ostatním edicím tohoto databázového stroje spočívá hlavně v tom, že není spuštěn jako služba, ale je představován pouze a jedině databázovým souborem s příponou SDF. Tato skutečnost ho tedy předurčuje k embedded použití, kde je distribuce relační databáze s vlastní aplikací velice jednoduchá a databáze je používána pouze danou aplikací. Runtime kompaktní edice SQL serveru má velikost 1,7MB a od chvíle jeho instalace mohou všechny aplikace na daném zařízení využívat jeho služeb pro přístup k SDF databázím. To tedy znamená, že na daném zařízení je potřeba zajistit instalaci tohoto runtime.

Edice Compact Edition poskytuje omezenou množinu funkcí z „větších“ brášek, ale i tato množina je dostačující pro potřeby realizace menších aplikací, pro které je edice primárně určena. Mezi podporované funkce mimo jiné patří:

- možnost definovat pohledy
- používat vnořené SELECT klauzule
- podpora základních datových typů (INT, SMALLINT, TINYINT, BIGINT, BIT, DATETIME, NUMERIC, REAL, FLOAT, MONEY, NVARCHAR, NCHAR, NTEXT, UNIQUEIDENTIFIER, VARBINARY, BINARY, IMAGE)
- referenční integrita
- vlastnost IDENTITY (sloupec s automaticky se inkrementující hodnotou)

Chybí zde vlastnosti jako uložené procedury nebo triggery. Databáze může být chráněna heslem a také může být zašifrována.

Firebird Embedded

Firebird [31] je open source relační databázový systém pro Windows i UNIX systémy. Databáze se v roce 2000 oddělila od InterBase, což je open source databáze od firmy Borland. Embedded verze má stejné vlastnosti i funkčnost, jako Firebird. Jediný rozdíl je v tom, že dvě aplikace nemohou přistupovat ke stejné databázi ve stejný čas. Funguje jako lokální server pro jednoho uživatele, přistupujícího k databázi na localhostu. Mezi její vlastnosti patří:

- plná podpora uložených procedur a triggerů
- transakce dodržující ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability)
- referenční integrita
- volitelně jednosouborová verze pro CD-ROM katalogy nebo jednouchyvatelské aplikace
- spousta přístupových metod, jako nativní/API, dbExpress ovladače, ODBC, OLEDB, Net provider, JDBC, moduly do Python, PHP, Perl

SQLite

SQLite [33] je malý, rychlý, relační databázový systém, který je obsažen v jedné knihovně, napsané v jazyce C. Autoři uvádí, že celá knihovna zabírá jen 25kB paměti. Je šířen pod licencí public domain. Tato knihovna se pouze přilinkuje k aplikaci a pomocí jednoduchého rozhraní ji lze ihned začít využívat. Je to rozdíl od databází, založených na principu klient server, kde je databázový server spuštěný jako samostatný proces. Některé další vlastnosti:

- V SQLite je implementováno mnoho ze standardu SQL92.
- Poskytuje podporu transakcí.
- Každá databáze je uložena v samostatném souboru. Tento soubor je navíc multiplatformní, takže přenos databáze pro zpracování na jiném systému není žádný problém.
- Data se ukládají za použití jednoduchého primárního klíče do stejně velkých bloků a pro rychlý přístup k datům při vyhledávání podle klíče se používá hašovací techniky.

Jako v každé databázi jsou i zde výjimky v implementaci normy SQL:

- Při použití klauzule check, která definuje omezení sloupců, se uplatní pouze omezení not null a unique.
- Cizí klíče jsou vyhodnoceny, ale nejsou vyžadována omezení, která by na jejich základě měla být uplatněna.
- Triggery jsou implementované, ale ve zjednodušené podobě.
- Není umožněna úprava tabulky pomocí alter table, je nutné tuto tabulku založit znovu.

- V této databázi nejsou datové typy. V dokumentaci je deklarováno, že se jedná o vlastnost a ne chybu. Při definování tabulky se sice určuje, že obsah může být uložen jako INTEGER, REAL, TEXT, BLOB nebo NULL. Do sloupce, deklarovaného jako INTEGER se klidně může uložit slovo „ahoj“. Jedinou výjimku tvoří sloupec deklarovaný jako INTEGER PRIMARY KEY, kde je požadováno celé číslo. Jinak jsou data rozlišována jako čísla nebo řetězce. Z toho plyne další nepříjemnost, a to je uložení data a času. V tomto případě je nutné se starat o kódování a interpretaci ve vlastní režii.

Další embedded databáze

Zde uvádím ostatní databáze, které by se teoreticky daly použít. Více viz [34]

- EffiProz – transakční databáze, implementovaná čistě v C#, uložené procedury, funkce, trigger. Podporuje .NET Framework 3.5, Silverlight 3 a .NET Compact Framework.
- ElevateDB – jednouživatelská, víceuživatelská i klient-server databáze, podporovaná v Delphi, C++Builder, Visual Studio .NET a .NET CF a v jakékoliv ODBC aplikaci.
- a další – ElevateDB, Empress Embedded Database, Extensible Storage Engine, Extreme DB, HSQLDB, Informix Dynamic Server, InterBase, ITTIA DB, NexusDB, Oracle Berkeley DB, Raima Database Manager, ScimoreDB, SolidDB, ValentinaDB, VistaDB

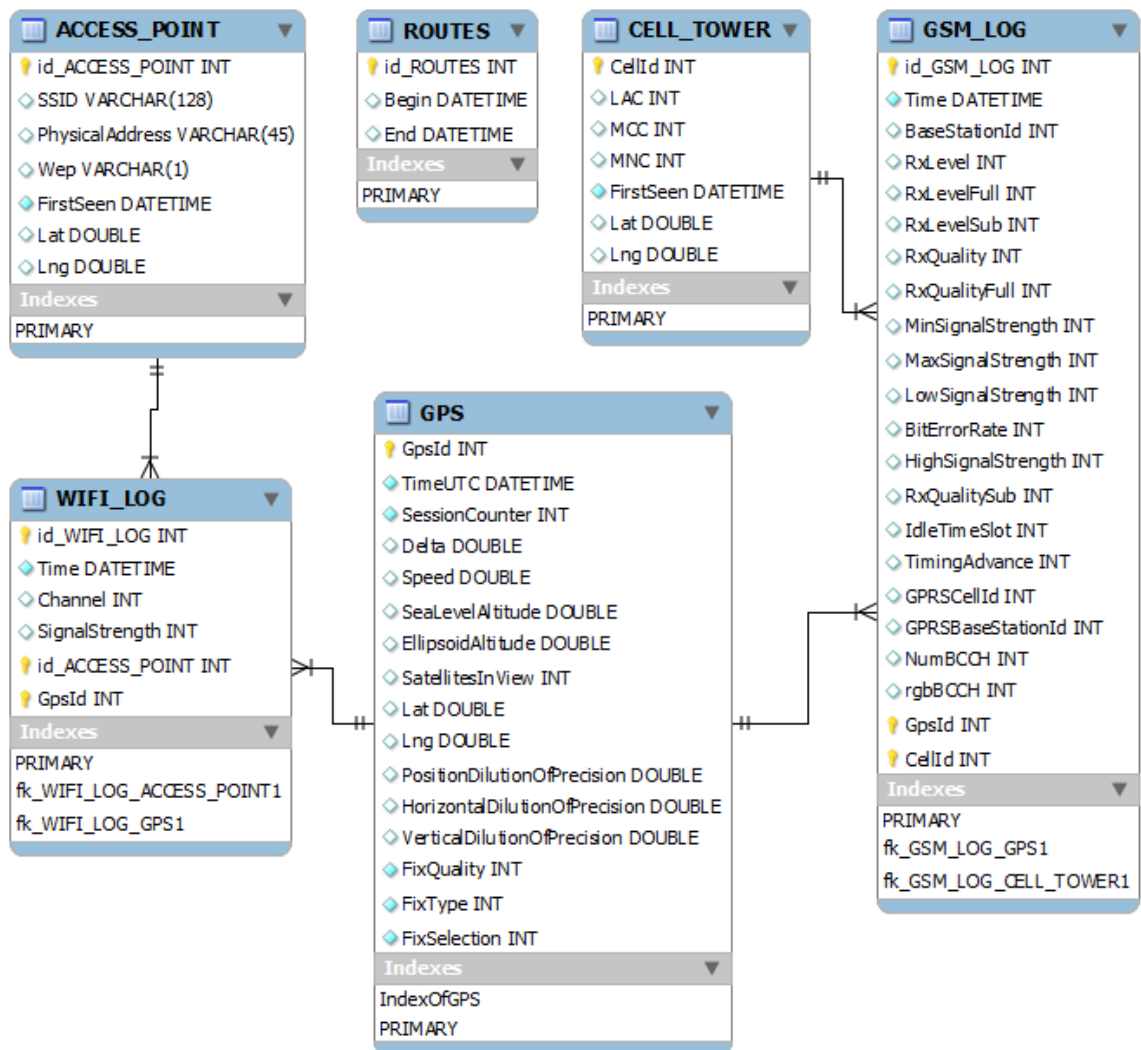
Konečný výběr

Po zvážení všech pro a proti jsem se nakonec rozhodl využít pro tento projekt SQLite databázi. Hlavní důvody byly zejména opravdu zanedbatelná velikost knihovny a to, že se uživateli nemusí do systému instalovat žádná další aplikace nebo služba, jako v případě SQL Server Compact Edition. Další výhodou je přenositelnost, protože je celá databáze uložena v jednom souboru.

4.3.3 Struktura databáze

V aplikaci je potřeba ukládat informace o nalezených BTS a AP. V případě použití GPS modulu je také třeba uchovávat záznam trasy. Pro zjišťování polohy vysílačů je třeba zaznamenávat všechny informace, které by mohly pomoci při výpočtu polohy. Na obrázku 4.5 je vidět model databáze.

Tabulky CELL_TOWER a ACCESS_POINT uchovávají neměnné informace o nalezených vysílačích. Tabulka GPS uchovává informace z GPS modulu. Tabulky GSM_LOG a WIFI_LOG v sobě nesou informace sloužící pro výpočty polohy a také pro „znovuprojití“ uložené cesty. Při spuštění programu se ihned zaznamená začátek cesty do tabulky ROUTES a při ukončení se poznačí konec. V aplikaci je pak možné zobrazit seznam všech měření a případně zobrazit vysílače, které byly zaznamenány při tomto měření.



Obrázek 4.5: Model databáze (vytvořeno v MySQL Workbench)

Kapitola 5

Implementace

Základem aplikace je formulář bez ovládacích prvků. Na tomto formuláři se zobrazují jednotlivé obrazovky s ovládacími prvky (tzv. controls) podle voleb uživatele. Na výběr je pět obrazovek:

- `DEFAULT_CONTROL` - slouží jako úvodní obrazovka po spuštění aplikace a umožňuje zobrazit ostatní obrazovky
- `GSM_CONTROL` - zobrazuje informace o síti GSM
- `WIFI_CONTROL` - zobrazuje seznam dostupných WiFi přístupových bodů včetně síly signálu a aktuálně používanou síť
- `GPS_CONTROL` - ukazuje aktuální informace z GPS včetně aktuálních souřadnic a počtu právě používaných satelitů
- `MAP_CONTROL` - zobrazuje stránku s mapou a na základě voleb i vysílače

Pro ovládání programu a nastavování funkčnosti slouží menu, které je přístupné z každé stránky aplikace.

5.1 GSM

Největší problém je právě v získávání informací o okolních BTS stanicích a v některých zařízeních dokonce o základnové stanici. Získávání informací není závislé jen na hardwaru, ale jak jsem se během prozkoumávání tohoto problému sám přesvědčil, dokonce je závislé i na aktuální ROM (v mém případě v PDA HTC Diamond). Na zařízení s původním systémem Windows Mobile 5.0 jsem dokázal zjistit informace o právě připojené základnové stanici a nic víc. Po nahrání systému Windows Mobile 6.5 aplikace fieldtest začala zobrazovat i informace o sousedních stanicích, konkrétně BCH a sílu signálu. Díky tomu jsem získal naději, že informace o okolních BTS se musejí dát nějakým způsobem získat a použít ať už pro lokalizaci nových BTS, nebo pro zobrazení polohy uživatele bez GPS s větší přesností, než to kdy bylo ve volně dostupné aplikaci možné.

V kapitole 4.2.1 byl popsán způsob komunikace pomocí RIL. Funkce RIL se nacházejí v knihovně `ril.dll`, kterou je třeba zavést pomocí `[DllImport("ril.dll")]`. Pro použití RIL je třeba ji nejprve inicializovat. To se provede voláním API funkce `RIL_Initialize`. Syntax je následující:


```
HRESULT RIL_Initialize(DWORD dwIndex, RILRESULTCALLBACK pfnResult,
    RILNOTIFYCALLBACK pfnNotify, DWORD dwNotificationClasses,
    DWORD dwParam, HRIL* lphRil);
```

První parametr `dwIndex` je index portu, který má RIL použít, obvykle 1. Druhý a třetí parametr jsou callback funkce, které budou volány pro různé notifikace. Čtvrtý parametr představuje třídy notifikací – různé notifikace, které nás zajímají a chceme o nich být informováni. Tyto třídy jsou definovány v knihovně `ril.h`. Pátý parametr `dwParam` je aplikačně definovaná hodnota, která je předávána callback funkcím. Poslední parametr je výstupní parametr a představuje handle k vytvořené RIL instanci.

Pro získání informací o aktuálně používání buňce se volá funkce `RIL_GetCellTowerInfo`. Syntax callback funkcí je následující:

```
void CALLBACK ResultCallback(DWORD dwCode, HRESULT hrCmdID,
    const void *lpData, DWORD cbData, DWORD dwParam);
void CALLBACK NotifyCallback(DWORD dwCode, const void *lpData, DWORD cbData,
    DWORD dwParam);
```

Pro `ResultCallback` je `dwCode` notifikační kód závislý na notifikaci. Parametr `hrCmdID` je výstupní hodnota `HRESULT` volání funkce. Používá se pro zajištění, že návratovou hodnotu obdrží volající funkce. Návratová hodnota volání funkce je předána funkci `ResultCallback` pro odpověď konkrétní funkce. Parametr `lpData` je závislý na notifikaci a pro každou notifikaci je rozdílný. Parametr `cbData` představuje velikost paměti v bytech, na kterou ukazuje `lpData`. `dwParam` je hodnota, získaná při inicializaci RIL.

Pro funkci `NotifyCallback` jsou parametry stejné, pouze neobsahuje `HRESULT`.

Volání `RIL_GetCellTowerInfo` vrací strukturu `RILCELLTOWERINFO` v parametru `lpData` funkce `ResultCallback`. Tato callback funkce je používána pro různá volání API a je proto důležité zkontrolovat hodnotu `HRESULT`, kterou vrátí API a `hrCmdID` parametr `ResultCallback` funkce. Struktura `RILCELLTOWERINFO` je následující:

```
typedef struct rilcelltowerinfo_tag {
    DWORD cbSize;
    DWORD dwParams;
    DWORD dwMobileCountryCode;
    DWORD dwMobileNetworkCode;
    DWORD dwLocationAreaCode;
    DWORD dwCellID;
    DWORD dwBaseStationID;
    DWORD dwBroadcastControlChannel;
    DWORD dwRxLevel;
    DWORD dwRxLevelFull;
    DWORD dwRxLevelSub;
    DWORD dwRxQuality;
    DWORD dwRxQualityFull;
    DWORD dwRxQualitySub;
    DWORD dwIdleTimeSlot;
    DWORD dwTimingAdvance;
    DWORD dwGPRSCellID;
    DWORD dwGPRSBaseStationID;
```

```

    DWORD dwNumBCCH;
    BYTE  rgbBCCH[MAXLENGTH_BCCH];
    BYTE  rgbNMR[MAXLENGTH_NMR];
} RILCELLTOWERINFO, *LPRILCELLTOWERINFO;

```

5.1.1 Implementace se znalostí Cell ID

Buňka je identifikována parametry `dwMobileCountryCode` (MCC), `dwMobileNetworkCode` (MNC), `dwLocationAreaCode` (LAC) a `dwCellID` (CID). MNC se využívá společně s MCC pro identifikaci mobilního operátora v sítích GSM i jiných [3]. Oblast pokrytí mobilní sítě je většinou dělena do několika menších oblastí, které jsou identifikovány pomocí LAC. V jedné této oblasti je několik vysílačů, identifikovaných pomocí CID. Tyto parametry dostačují k zobrazení základnové stanice na mapě a tím k velmi hrubému určení polohy uživatele metodou Cell ID, jak bylo popsáno v kapitole 3.3.7, ovšem v tomto případě se vlastně jedná o lokalizaci pomocí mobilního zařízení. Kapitola 5.1.2 popisuje, jak se z informací o BTS získají GPS souřadnice.

5.1.2 Získání GPS souřadnic BTS stanice

Aplikace Google Maps for mobile [29] umožňuje zobrazit polohu uživatele, aniž by musel mít ve svém zařízení GPS modul. Funkce pro získání souřadnic z identifikačních dat BTS bohužel není ve veřejném API. Neil Young analyzoval paket, odesílaný na adresu <http://www.google.com/glm/mmap>. Paket v sobě nese informace CID, LAC, MNC a MCC a jako návratová hodnota jsou GPS souřadnice základnové stanice.

Aby bylo možné tuto funkci za běhu programu použít, musí být aktivní internetové připojení. Zda je připojení aktivní je možné otestovat získáním IP adresy daného zařízení. Pokud má zařízení i jinou adresu, než 127.0.0.1 (localhost), znamená to, že je připojení dostupné. Zkrácený kód pro zjištění aktivního připojení může vypadat např. takto:

```

string hostName = Dns.GetHostName();
IPHostEntry hostEntry = Dns.GetHostEntry(hostName);
string hostIPAdd = hostEntry.AddressList[0].ToString();
ret = hostIPAdd != IPAddress.Parse("127.0.0.1").ToString();

```

Pokud je tedy při běhu programu internetové připojení dostupné, chová se aplikace tak, že se pro každou nalezenou základnovou stanicí pokusí zjistit GPS souřadnice výše popsaným postupem. Z těchto souřadnic se jednou z popsaných metod pro získání pozice podle GSM pokusí spočítat polohu mobilního zařízení (tzn. uživatele) a zobrazit ji na mapě.

Získávání souřadnic z databáze Google bohužel nefungovalo vždy a nebyla zjištěna přesná příčina. Stejně chování algoritmu oznamovali i další vývojáři v internetových diskuzích a je možné, že se jedná o kroky firmy Google k znemožnění použití databáze CellId.

5.1.3 Implementace metody Timing Advance

Pro výpočet polohy základnové stanice pomocí metody Timing Advance (kapitola 3.3.7) je zapotřebí parametr `dwTimingAdvance` ze struktury `RILCELLTOWERINFO`. Hodnota `timing advance` (TA) vypovídá o času, za jaký signál dorazí od mobilního zařízení k základnové stanici. Bohužel ani jedno ze třech různých zařízení, které jsem měl během vývoje k dispozici, nevracely hodnoty `timing advance`, `RxLevel`, `RxQuality`. V dokumentaci k RIL je

psáno, že ne každé zařízení musí nutně poskytovat všechny údaje z RILCELLTOWERINFO. V některých případech mohou být hodnoty RxLevel a RxQuality získány během hovoru, ani tady jsem ale štěstí neměl. Výčet parametrů struktury, které zařízení nabízí, je možné zjistit z dwParam, který je obdržen z volání RIL_GetCellTowerInfo. V našem případě bychom potřebovali aktivní bity RIL_PARAM_CTI_RXLEVEL, RIL_PARAM_CTI_RXQUALITY a RIL_PARAM_CTI_TIMINGADVANCE.

Podle mého názoru je to způsobeno buď chybou ve firmware nebo úmyslným zamezením výrobcem daného hardware. Tyto domněnky se mi nepodařilo ověřit, výrobce přes email nechtěl sdělit žádné podrobnosti ohledně specifikace zařízení. Doporučil mi obrátit se písemnou formou na centrálu v Číně, to jsem ale neudělal. Kvůli těmto komplikacím tedy nebylo možné polohu vysílače metodou Timing Advance implementovat. Kdyby to možné bylo, z naměřených hodnot na třech různých místech by bylo možné spočítat přibližnou polohu vysílače.

5.1.4 Získání okolních BTS

Seznam okolních BTS neuchovává identifikátory BTS stanic, ale pouze kanál, na kterém jsou dostupné, a sílu signálu (rxLevel). Knihovna RIL neobsahuje žádné volání, které by přímo zpřístupnilo tento seznam okolních stanic. Program fieldtest.exe, jak bylo zmíněno v kapitole 5, v některých případech zobrazil informace i o okolních stanicích. Po hlubším zkoumání této aplikace jsem zjistil, že tyto informace získává voláním API funkce RIL_DevSpecific z knihovny RIL. Dalším zkoumáním už se mi ale nepodařilo zjistit, jaké parametry při volání používá, a nenašel jsem tyto informace ani v žádné specifikaci. Výrobce zařízení ani v tomto případě nebyl nápomocný. Jediné dva parametry, které jsem našel v cizím kódu, byly RIL_DEVSPECIFICPARAM_ENABLECELLIDSUPPORT s hodnotou 26 a RIL_DEVSPECIFICPARAM_ENABLECELLIDSUPPORT s hodnotou 27. Definice RIL_DevSpecific udává, že jsou parametry závislé na daném zařízení a určuje je výrobce. Tudíž i kdyby se podařilo tento konkrétní parametr najít, na jiném zařízení by tato metoda nefungovala.

Další možností, jak se dostat k informacím o okolních BTS, je nalézt tento seznam v paměti zařízení. Ani to se nepodařilo a ani tato metoda by nebyla přenositelná na jiná zařízení kvůli různým adresám v paměti různých zařízení. V získávání informací o okolních stanicích jsem tedy neuspěl.

5.1.5 Závěr k implementaci GSM

Zjistil jsem, že popsané metody pro výpočet polohy BTS stanic (resp. polohy uživatele) nejsou snadno implementovatelné v běžných mobilních zařízeních. Většina zařízení udává identifikační informace o aktuálně připojené BTS, ze kterých je možné získat z volně dostupných databází GPS souřadnice těchto BTS.

Pro výpočet polohy bez použití těchto databází jsou potřeba informace o okolních BTS, které se využijí u metod popsaných v kapitole 3.3. Získání těchto informací z mobilního zařízení je silně závislé na konkrétním zařízení a tyto informace se mi nepodařilo rozumným způsobem získat. Při zjišťování polohy mobilního zařízení pomocí sítě je situace jednodušší, protože síť může provést handover, během relativně krátké doby tak získat informace o uživateli z různých BTS a tím vypočítat přibližnou polohu. Mobilní zařízení handover provést nemůže.

Na základě informace o aktuálně používané základnové stanici a použití metody Timing Advance je možné zpřesnit pozici uživatele na vzdálenost s maximální odchylkou 550m. Bo-

hužel ani parametr timing advance není pro PDA povinný a na mnou testovaných zařízeních byl tento parametr vždy prázdný.

Podařilo se mi tedy získat informace o aktuálně používané BTS a z dostupných databází zjistit GPS souřadnice této BTS. Na mapě poté zobrazit všechny nalezené BTS a odlišně vyznačit tu aktuálně používanou. Dále se mi podařilo měřením v terénu získat rovnici, která ze síly signálu určí přibližnou vzdálenost od BTS. Ze znalosti vzdálenosti ze třech různých bodů pomocí trilaterace poté spočítat přibližnou polohu vysílače.

Postup výpočtu souřadnic BTS je následující:

1. při pohybu po okolí se zaznamenají alespoň tři GPS polohy společně se silou signálu
2. vyberou se tři tyto záznamy (pokud je naměřených záznamů víc, vybere se jeden z nejbližších bodů, jeden přibližně uprostřed a jeden z nejbližších zaznamenaných bodů)
3. souřadnice bodů se převedou do systému UTM
4. spočítají se průsečíky kružnic (nejvýše jich může být šest)
5. spočítá se geometrický střed průsečíků
6. souřadnice geometrického středu se převedou zpět ze systému UTM do souřadnice Lat, Lng
7. geometrický střed udává souřadnice vysílače

Obrázek 5.1 ukazuje obrazovku s informacemi o GSM. Naměřená data se s každým stisknutím tlačítka update nebo po výpočtu gps souřadnic ukládají do databáze. Data se zároveň ukládají do souboru gsmlog.txt ve formátu vhodném pro zpracování v jiných programech. Formát uložených dat je následující:

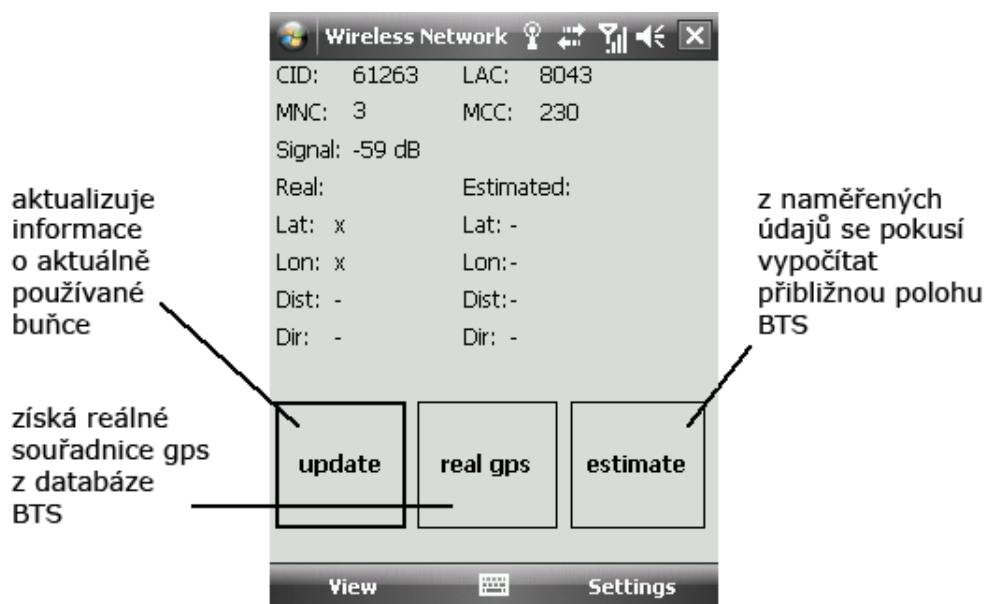
```
čas|CID|lat|lng|signal|vzdálenost|sig_min|sig_low|sig_high|sig_max
1.5.2010 9:37:14|20621|50.558486938|14.151412963|-61|2.27|-113|-110|-60|-51
1.5.2010 9:38:01|44021|50.558506011|14.151339530|-75|2.47|-113|-110|-60|-51
```

5.2 WiFi

Pro implementaci WiFi jsem se rozhodl využít knihovnu OpenNETCF, dostupnou na <http://www.opennetcf.com>, která práci usnadňuje. Při použití jmenného prostoru OpenNETCF.Net.NetworkInformation se snadno získá seznam dostupných AP. Nejprve se najde WiFi adaptér a následně je možné zavolat metodu `GetAvailableNetworks`, která vrátí seznam všech aktuálně dostupných AP.

Obrazovka informující o stavu WiFi je vidět na obrázku 5.2. Protože se prozatím nepodařilo nalézt způsob přepočtu síly WiFi signálu na vzdálenost, na této obrazovce se zobrazují pouze informace o dostupných sítích a aktuálně používané síti. Naměřená data se s každým stisknutím tlačítka update ukládají do databáze, aby bylo možné je později použít pro výpočty. Data se zároveň ukládají do souboru wifilog.txt ve formátu vhodném pro zpracování v jiných programech. Formát uložených dat je následující:

```
čas|SSID|lat|lng|signal
3.5.10 16:34:39|lenik|49,2117347717285|16,5928497314453|-87
3.5.10 16:34:39|kocour|49,2117347717285|16,5928497314453|-81
```

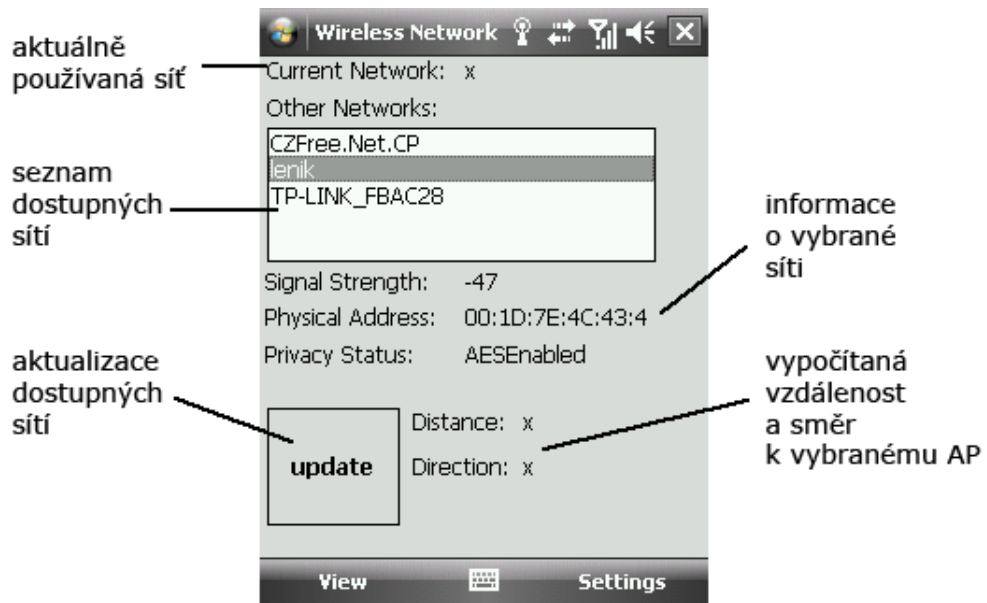


Obrázek 5.1: Obrazovka s informacemi o GSM

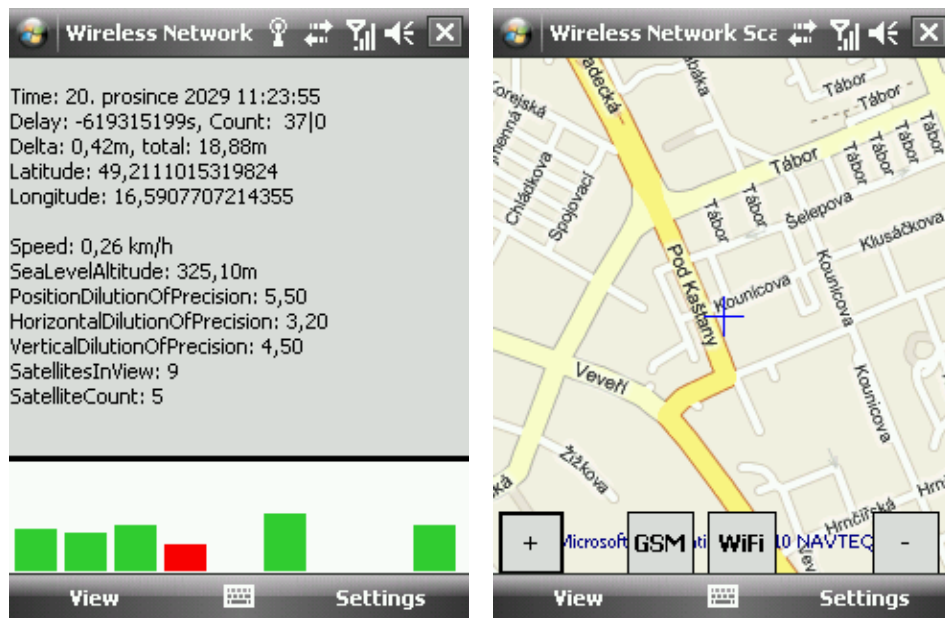
5.3 GPS a mapa

Informace z GPS modulu jsou zpracovávány v DefaultForm.cs pomocí jmenného prostoru GMap.NET.GPS. Port GPS není možné v aplikaci nastavit, nastavení se získává z operačního systému. Data se ukládají do tabulky s názvem GPS. Obrazovka s informacemi o GPS je vidět na obrázku 5.3a.

Zobrazení mapy je provedeno pomocí GMap.NET (viz kapitola 4.1.4). Pomocí menu je možné měnit mapové podklady, přibližovat a oddalovat mapu a pracovat online nebo offline s mapami z cache. Také je možné přiblížit mapu tak, aby byly vidět všechny body mapy (vysílače) a lze nastavit prostředí město nebo venkov pro přesnější výpočet. Nastavení mapy v menu aplikace je zobrazeno na obrázku 5.4. Pozici na mapě je možné měnit tažením mapy, jako je to běžné v ostatních mapových aplikacích. Knihovna GMap.NET umožňuje nalezení pozice na mapě zadáním adresy. Tato funkčnost je ale závislá na API klíči k mapám a ne vždy fungovala správně, proto jsem ji do aplikace nezahrnul. Při zapnuté GPS je mapa vždy vycentrována na aktuální souřadnice získané z GPS a není možné mapu posunovat na jiné souřadnice. Zapnutá GPS je signalizována červeným křížkem uprostřed mapy, při vypnuté GPS je barva křížku modrá. Mapa se zapnutou GPS a zvoleným podkladem ArcGIS je vidět na obrázku 5.3b.



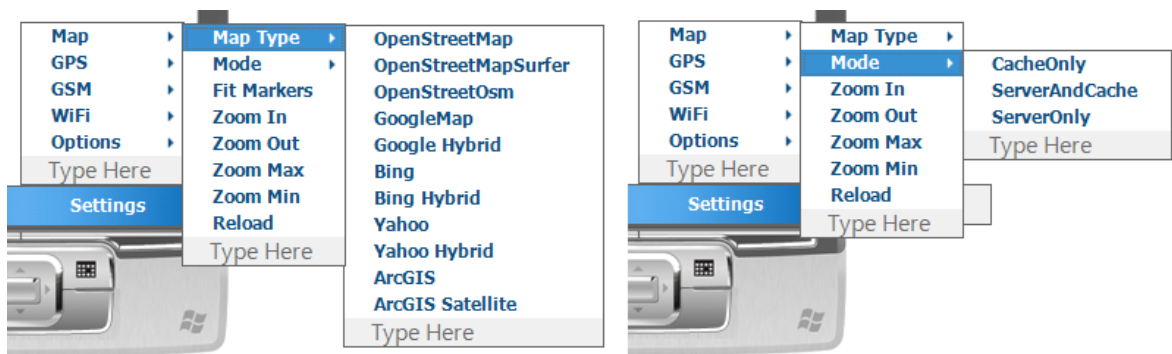
Obrázek 5.2: Obrazovka s informacemi o WiFi



(a) Obrazovka s informacemi z GPS

(b) Obrazovka s mapou

Obrázek 5.3: Obrazovky pro GPS a mapu



Obrázek 5.4: Možnosti nastavení map v menu aplikace

Kapitola 6

Zhodnocení výsledků

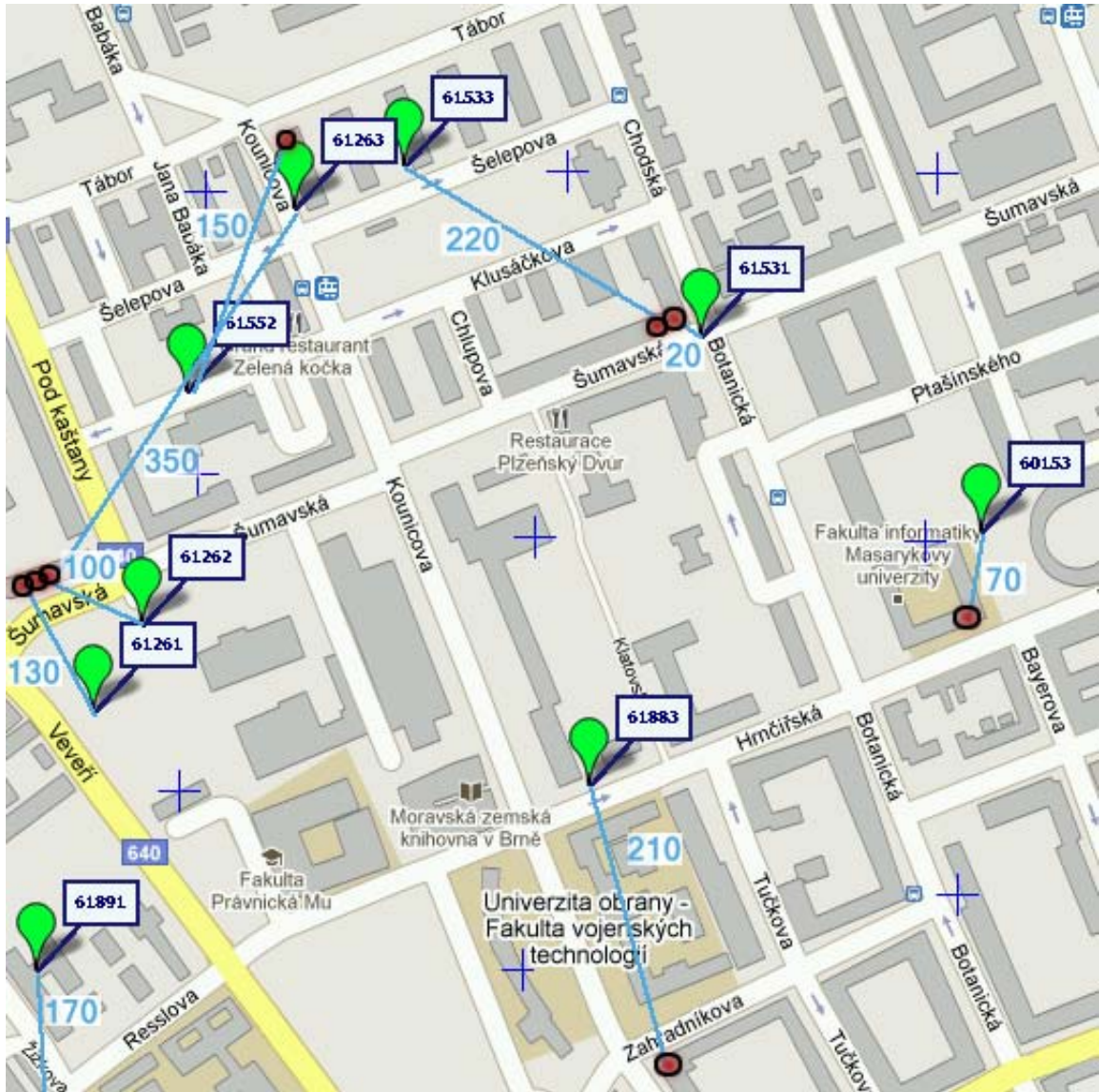
Aplikace byla otestována v hustě zalidněné oblasti při mapování BTS stanic v Brně mezi ulicemi Veveří a Botanická. Výsledek je vidět na obrázku 6.1. Mapa včetně zelených špendlíků a jejich popisků je sejmuta z obrazovky na PDA tak, jak je vypočítala aplikace při měření v terénu. Červené body znázorňují přesné umístění BTS (tyto informace jsou dostupné na adrese <http://www.gsmweb.cz>). Modře jsou znázorněny rozdíly vypočítaných a reálných souřadnic, včetně rozdílové vzdálenosti v metrech. Průměrná chyba při určování polohy v tomto případě byla 158 metrů. Při spočítání průměrné chyby bez nejmenší a největší naměřené chyby získáme odchylku 150 metrů.

Měření ve středně zalidněné oblasti není tak přesné, jako ve městě. Takové měření je popsáno v kapitole 3.4.1. V této oblasti mezi Žitenicemi a Litoměřicemi byly nejprve změřeny hodnoty, ze kterých byla následně sestavena rovnice pro převod síly signálu na vzdálenost a následně zde bylo měření aplikací ověřeno. Ze Žitenic směrem na sever v okruhu deseti kilometrů není žádná BTS a telefon je vždy připojený k jedné z BTS v Litoměřicích. Odchylka vypočítaných souřadnic v Litoměřicích byla v průměru 700 metrů.

Největší problémy při výpočtech souřadnic BTS stanic byly zjištěny na odlehlých místech, kde je velký počet BTS ve stejné vzdálenosti v okruhu s poloměrem větším než 1,5 km. Jedním z těchto případů je letiště v Brně Medlánkách. Telefon se neustále přepojoval k BTS stanicím v Komíně, Bystrci a Medlánkách a výsledné vypočtené souřadnice se lišily o více než 2000 m.

Výpočet polohy přístupových bodů WiFi sítí byl programově zpracován, výsledky však nedávají smysl. Postup i důvody nezdaru jsou popsány v kapitole 3.4.2.

Výpočet pokrytí signálu jednotlivých základnových stanic je rozebrán v kapitole 3.4.3. Bylo zjištěno, že v obecných případech nelze pokrytí WiFi nebo GSM vysílačů spočítat tak, aby se blížilo realitě. Byl navržen způsob, jak zobrazit pokrytí oblasti signálem v této aplikaci, a to kruhem se středem shodným s polohou základnové stanice o poloměru nejdelší změřené vzdálenosti k této stanici.



Obrázek 6.1: Zmapování BTS stanic finální aplikací v Brně mezi ulicemi Veveří a Botanická

Kapitola 7

Závěr

Během vývoje této práce jsem postupoval podle kroků, které mi určovalo zadání. Seznámil jsem se detailně s mobilní platformou Pocket PC a nastudoval principy tvorby programů pro kapesní počítače na této platformě, zejména problematiku zobrazování map. Významným přínosem je spolupráce na projektu Great Maps, díky kterému může nyní každý vývojář jednoduše vytvořit mapovou aplikaci v jazyce C#, což bylo ještě před rokem přinejmenším velice komplikované.

Dále jsem se zabýval bezdrátovými sítěmi a nastudoval problematiku získávání informací o bezdrátových sítích. Jako zástupce bezdrátových sítí jsem vybral WiFi a GSM. Část práce je věnována zamyšlení nad legálností získávání těchto dat. Nad rámec zadání jsem se zabýval lokalizací uživatele pomocí GSM sítě jako náhradou za GPS. Toto téma bylo nesčetněkrát řešeno, univerzální a běžně dostupné řešení však prozatím neexistuje.

Dalším bodem zadání byla vizualizace informací o bezdrátových sítích, jmenovitě zobrazení vysílačů a pokrytí signálem v mapových podkladech. Nastudoval jsem možnosti zobrazení od těch nejjednodušších až po ty složité, při kterých se používají GIS aplikace. Zjistil jsem, že získání dat o okolních BTS je hardwarově závislé a není tedy možné toto řešení použít pro určení polohy obecně. Dokonce ani na získání dalších parametrů ze zařízení, které by zpřesnily polohu, se není možné spolehnout a tak jediným způsobem, který lze pro lokalizaci použít obecně, je síla signálu. GSM vysílače se podařilo v místech s menším zalidněním lokalizovat s přesností několika set metrů, v hustě zalidněných oblastech bylo dosaženo přesnosti měření s odchylkou 150 metrů. Pokrytí signálem z jednoho vysílače je ovlivněno mnoha faktory a pro jeho přesné vypočítání jsou potřeba údaje, které není možné v terénu získat. Proto je pokrytí signálem odvozeno pouze z nejdelší naměřené vzdálenosti.

Po získání potřebných informací jsem provedl návrh aplikace a následně implementaci. Pro implementaci bylo zvoleno PDA s operačním systémem Windows Mobile (WM) a jako programovací jazyk C#. V rámci testování bylo použito několik zařízení s různými verzemi WM a ukázalo se, že každý výrobce zařízení si podle svého určuje, jaké informace budou z PDA dostupné a jaké ne. Tento postup bohužel omezuje vývoj jinak velice zajímavých aplikací. Aplikace nyní poskytuje kompletní funkčnost popsanou v zadání práce.

Práce na tomto projektu pro mě byla velmi přínosná, neboť jsem si při ní vyzkoušel programování aplikace pro mobilní zařízení v C# a zjistil jsem výhody a nevýhody oproti programování podobných aplikací v jazyce C/C++. Zároveň jsem se dozvěděl zajímavé informace o fungování bezdrátových sítí, zejména GSM.

Vývoji aplikace bych se chtěl věnovat i v budoucnu, zejména bych se rád zaměřil na lokalizaci uživatele pomocí sítě GSM.

Literatura

- [1] Gezici Sinan: *A Survey on Wireless Position Estimation*. Springer, 2007, iSSN 0929-6212.
- [2] Hanáček Petr: *Přednášky k předmětu BMS*. FIT VUT v Brně, 2008.
- [3] International Telecommunication Union: *Mobile Network Code (MNC) For The International Identification Plan For Mobile Terminals And Mobile Users (According To ITU-T Recommendation E.212 (05/2004))*. International Telecommunication Union, 2008.
- [4] Kinšt Rostislav: *Handover v systému GSM. Podklady k semestrální zkoušce 37MK - Mobilní komunikace*. FEL, katedra radioelektroniky, ČVUT v Praze, 2008.
- [5] Kolektiv autorů: *Pocket World in Figures 2009*. Profile Books, 2009, iISBN 1846681235.
- [6] Laasonen Kari, Raento Mika, Toivonen Hannu: *Adaptive on-device location recognition*. In Proceedings of the Second International Conference on Pervasive Computing. Springer-Verlag, 2004.
- [7] Laitinen Heikki, Lahteenmaki Jaakko, Nordstrom Tero: *Database correlation method for GSM location*. In Proceedings of the 53rd IEEE Vehicular Technology Conference, Rhodes, Greece, Květen 2001.
- [8] LaMarca Anthony, Chawathe Yatin, Consolvo Sunny a další: *PlaceLab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild*. 3rd Annual Conference on Pervasive Computing, 2005.
- [9] Liška Jan: *Bezdrátové ovládání prezentací pomocí kapesního počítače*. FIT VUT v Brně, 2007, bakalářská práce.
- [10] Microsoft Research: RADAR.
<http://research.microsoft.com/en-us/projects/radar/default.aspx>, [cit. 2010-04-28].
- [11] Orlich Martin: *Základní lokalizační metody v GSM [online]*. FEL ČVUT, [cit. 2009-12-27].
- [12] Qi Yihong, Kobayashi Hisashi: *On Relation among Time Delay and Signal Strength based Geolocation Methods*. in Proc. IEEE Global Communications Conference, vol. 7, San Francisco, CA., 12/2003.

- [13] Tkáč Josef, Zaoral Ondřej: *Průvodce světem kapesních počítačů aneb PDA na dlani*. Grada Publishing, první vydání, 2005, iISBN 80-247-1227-X.
- [14] Trufte Edward: *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphic Press. Chesire, 1983.
- [15] Tseng Yu-Huei, Hwang Wen-Shyang, Shieh *Ce-Kuen: *The Influence of Propagation Environment in a Live GSM Network*. National Kaohsiung University of Applied Sciences, Kaohsiung, R.O.C., 2006.
- [16] Veřtát Ivo: *Přednášky k předmětu KAE/NKS*. Fakulta elektrotechnická ZČU v Plzni, 2009.
- [17] Willassen Svein Yngvar: Positioning a Mobile Station. <http://www.willassen.no/msl/node6.html>, 1998. [cit. 2010-04-26].
- [18] WWW stránky: Multilaterace. <http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GNSS-urcovani-polohy/multilaterace>, 2007-02-26 [cit. 2009-10-21].
- [19] WWW stránky: University of Kansas Information & Telecommunications Technology Center and Kansas Applied Remote Sensing Program. <http://www.ittc.ku.edu/wlan/index.shtml>, [cit. 2009-10-01].
- [20] WWW stránky: 802.11g. <http://en.wikipedia.org/wiki/802.11g>, [cit. 2009-10-21].
- [21] WWW stránky: WEP. http://en.wikipedia.org/wiki/Wired_Equivalent_Privacy, [cit. 2009-10-21].
- [22] WWW stránky: Wireless Network. http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_network, [cit. 2009-10-21].
- [23] WWW stránky: Wireless Network. <http://en.wikipedia.org/wiki/802.11n>, [cit. 2009-10-21].
- [24] WWW stránky: Service set (802.11 network). http://en.wikipedia.org/wiki/Service_set_802.11_network, [cit. 2009-10-22].
- [25] WWW stránky: Wardriving. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wardriving>, [cit. 2009-10-22].
- [26] WWW stránky: Consume Project. <http://nodedb.consume.net>, [cit. 2009-10-23].
- [27] WWW stránky: Trilateration. <http://en.wikipedia.org/wiki/Trilateration>, [cit. 2009-12-23].
- [28] WWW stránky: RIL Architecture. <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa919462.aspx>, [cit. 2010-03-12].
- [29] WWW stránky: Google Maps for mobile. <http://www.google.com/mobile/maps>, [cit. 2010-03-15].
- [30] WWW stránky: GMap.NET - Great Maps for Windows Forms & Presentation. <http://greatmaps.codeplex.com>, [cit. 2010-04-11].

- [31] WWW stránky: Firebird Embedded.
[http://en.wikipedia.org/wiki/Firebird_\(database_server\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Firebird_(database_server)), [cit. 2010-04-18].
- [32] WWW stránky: Microsoft SQL Server Compact.
<http://www.microsoft.com/sqlserver/2005/en/us/compact.aspx>, [cit. 2010-04-18].
- [33] WWW stránky: SQLite. <http://www.sqlite.org/>, [cit. 2010-04-18].
- [34] WWW stránky: Wapedia - Wiki: Embedded database.
http://wapedia.mobi/en/Embedded_database, [cit. 2010-04-18].
- [35] WWW stránky: Timing advance.
http://en.wikipedia.org/wiki/Timing_advance, [cit. 2010-04-23].
- [36] WWW stránky: UTM.
http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system, [cit. 2010-05-04].

Příloha A

Obsah CD

Příložené CD obsahuje dva adresáře:

- program - obsahuje zdrojový kód aplikace společně se spustitelným programem v adresářové struktuře pro Visual Studio 2008
- text - obsahuje pdf verzi diplomové práce včetně zdrojových kódů ve formátu \LaTeX

Příloha B

Manuál

Tato příručka obsahuje návod na zprovoznění aplikace a popisuje způsob jejího používání. Na přiloženém CD jsou umístěny jak zdrojové kódy programu, tak i přeložené programy, připravené k okamžitému spuštění.

B.1 Požadavky na systém

Aplikace potřebuje pro svůj běh operační systém Windows Mobile s nainstalovaným Compact Framework 3.5. Byla testována na zařízeních s WM 6.1 a 6.5, měla by ale fungovat i na verzi WM 5.0 a 2003.

B.2 Přeložení programu

Aplikace byla vytvořena v programu Visual Studio 2008. Adresář aplikace WNS obsahuje soubor WNS.sln, který otevře projekt ve Visual Studiu. Všechny potřebné knihovny jsou v adresáři WNS/devel.

Jako další pro přeložení programu je třeba mít vedle hlavního adresáře WNS také adresář s projektem GreatMaps. Na CD je přiložen pod názvem greatmaps_d8e2cfcfe1c.

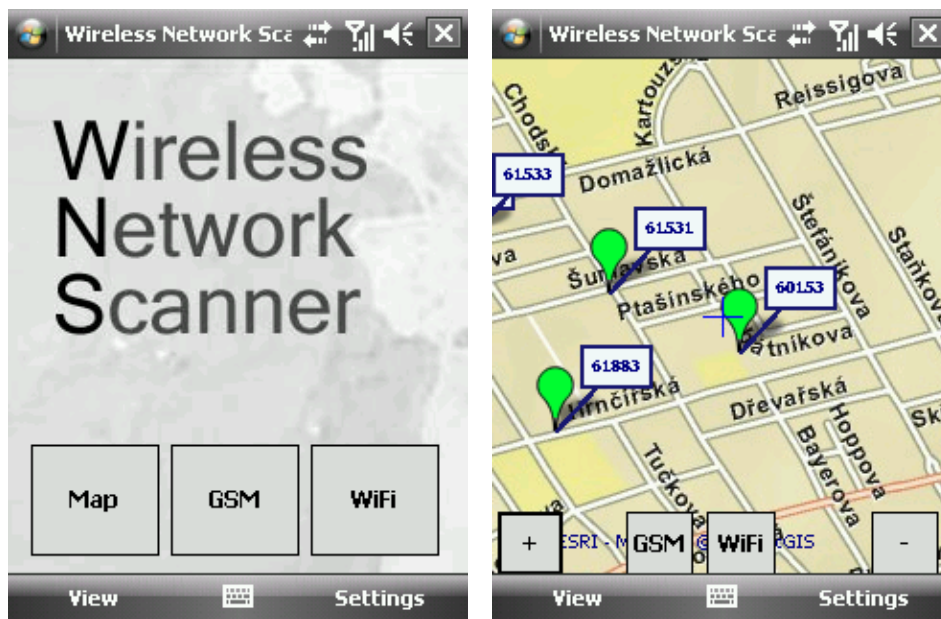
B.3 Instalace programu

Program není třeba instalovat, stačí pouze nahrát do jednoho adresáře exe soubor spolu se souborem databáze data-db3.s3db, který se nachází v adresáři WNS/devel. Pokud by na daném zařízení chyběly některé potřebné knihovny, do adresáře s exe souborem je možné nahrát knihovny přiložené v adresáři WNS/devel.

B.4 Spuštění a ovládání

Po spuštění aplikace se objeví úvodní obrazovka, znázorněná na obrázku B.1a. Levé menu View umožňuje zobrazit úvodní obrazovku, obrazovkou s mapou, informacemi o GSM, WiFi, GPS, minimalizovat program a ukončit program.

Pravé menu Settings umožňuje nastavit typ mapy (Google Maps, Yahoo! Maps, Bing, OpenStreet, ArcGIS, Bing), zvolit, zda se mají mapy zobrazovat ze serveru nebo z cache a přibližovat a oddalovat mapu. Dále se dá aktivovat GPS a nastavit automatická aktualizace



(a) Úvodní obrazovka aplikace

(b) Obrazovka s mapou

Obrázek B.1: Úvodní obrazovka a obrazovka s mapou

GSM a WiFi. Jako poslední je možné nastavit pozici město/vesnice pro výpočet polohy vysílačů a deaktivovat automatický režim spánku zařízení, aby skenování nebylo přerušeno.

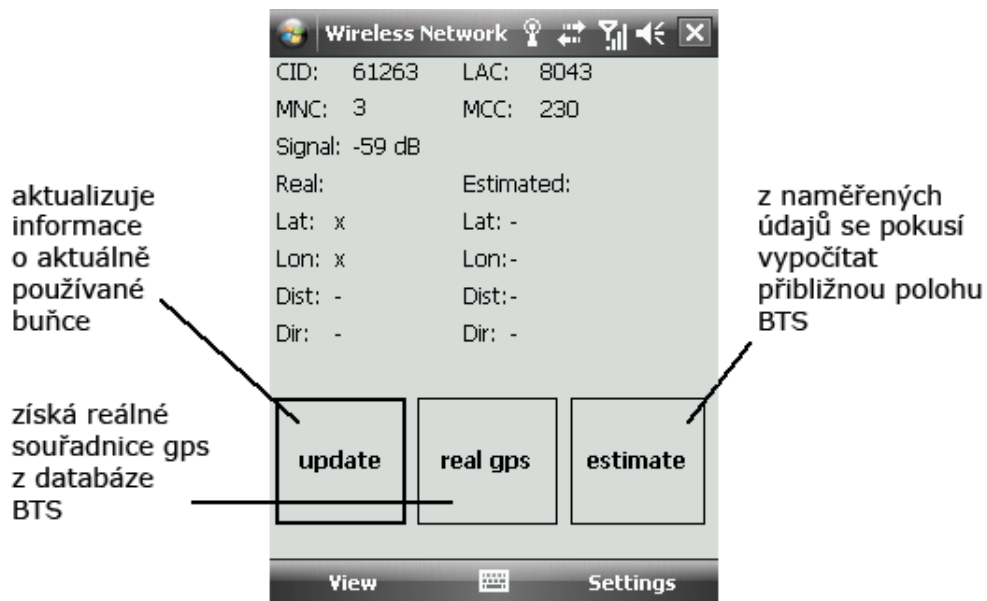
Z úvodní obrazovky se pomocí třech tlačítek dá rychle přejít na obrazovku s mapou, GSM a WiFi informacemi.

V menu Settings → GPS → Enabled je možné aktivovat GPS. Pokud je GPS aktivní, mapa se automaticky centruje podle aktuální polohy. Aktivní GPS je také nutné pro výpočet poloh vysílačů sítí GSM a WiFi. Pokud není při získávání informací o těchto sítích GPS aktivní, informace o sítích se zaznamenávají, ale není možné z nich spočítat polohu.

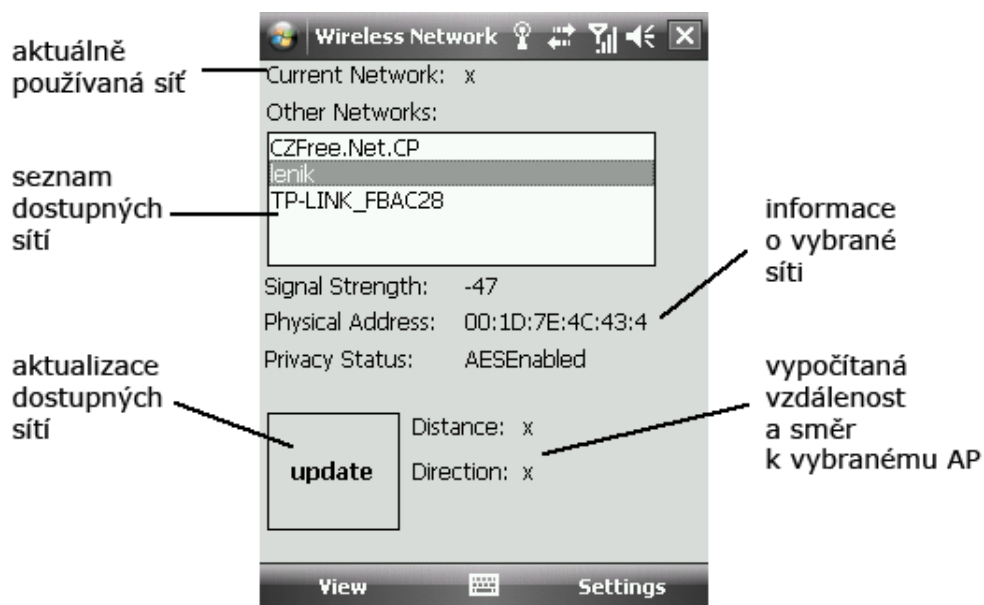
Obrazovka s mapou (obrázek B.1b) umožňuje zobrazit základnové stanice GSM sítě, které jsou zobrazeny zelenými špendlíky na obrázku. Je zde i tlačítko pro zobrazení WiFi přístupových bodů (AP), které je prozatím nefunkční, protože nebyl nalezen způsob přesnějšího určení polohy AP.

Obrázek B.2 popisuje obrazovku s informacemi o GSM. Se stisknutím tlačítka „update“ se aktuální GSM informace uloží do databáze. Tuto akci je možné provádět automaticky nastavením menu Settings → GSM → Enabled. Čas aktualizace je nastaven na pět sekund. Po stisknutí tlačítka „estimate“ program vypočítá z uložených informací polohu BTS. Pokud má BTS vypočítané souřadnice, zobrazí se na mapě.

Obrázek B.3 popisuje obrazovku s informacemi o WiFi. Po stisku tlačítka „update“ se aktuální informace o WiFi uloží do databáze a jakmile bude nalezen způsob výpočtu polohy přístupového bodu, budou moci být tyto informace využity. Akci pro zaznamenávání údajů o WiFi je možné automatizovat v menu Settings → WiFi → Enabled.



Obrázek B.2: Obrazovka s informacemi o GSM



Obrázek B.3: Obrazovka s informacemi o WiFi